

Acondicionamiento térmico de edificios



Ing. Victorio Santiago Díaz - Ing. Raúl Oscar Barreneche

Proyecto y ejecución del edificio a acondicionar para confort | Proyecto del sistema de acondicionamiento térmico para confort | Eficiencia y uso racional de la energía - Analisis de inversiones

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS
EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

Ing. VICTORIO SANTIAGO DÍAZ

Ing. RAÚL OSCAR BARRENECHE

Díaz, Victorio Santiago

Acondicionamiento térmico de edificios : eficiencia y uso racional de la energía /
Victorio Santiago Díaz y Raúl Oscar Barreneche. - 2a ed. - Buenos Aires : Nobuko, 2011.
504 p. : il. ; 29x21 cm.

ISBN 978-987-584-333-2

1. Aire Acondicionado. 2. Energías Alternativas. I. Barreneche, Raúl Oscar II. Título
CDD 697

Hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en Argentina / Printed in Argentina

La reproducción total o parcial de este libro, en cualquier forma que sea, idéntica o modificada, no autorizada por los editores, viola derechos reservados; cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

© 2011 nobuko

ISBN: 978-987-584-333-2

Octubre de 2011

Este libro fue impreso bajo demanda, mediante tecnología digital Xerox en
bibliográfika de Voros S.A. Bucarelli 1160. Capital.
info@bibliografika.com / www.bibliografika.com

Venta en:

LIBRERIA TECNICA CP67

Florida 683 - Local 18 - C1005AAM Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4314-6303 - Fax: 4314-7135 - E-mail: cp67@cp67.com -
www.cp67.com

FADU - Ciudad Universitaria

Pabellón 3 - Planta Baja - C1428EHA Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4786-7244

**A nuestras familias,
el tiempo dedicado a este libro era de ellos
y lo entregaron desinteresadamente.
Los autores**



Ing. VICTORIO SANTIAGO DÍAZ

Ingeniero Civil (UBA)
Profesor Consulto Titular de la Facultad de Ingeniería (UBA). Ex-Profesor Titular de Instalaciones en la Facultad de Ingeniería (UBA), de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UBA), Facultad Regional Buenos Aires (UTN) y Facultad de Ingeniería (UN Misiones). Ex-Director del Departamento de Construcciones y Estructuras de la Facultad de Ingeniería (UBA). Gerente del Consejo Profesional de Ingeniería Civil. Asesor en el área de instalaciones de importantes empresas y estudios de arquitectura.



Ing. RAÚL OSCAR BARRENECHE

Ingeniero Civil (UBA)
Docente de la Cátedra Instalaciones de Edificios de la Facultad de Ingeniería (UBA), Publicaciones diversas sobre instalaciones, Ambiente e Higiene y Seguridad en el trabajo
Asesor y auditor de Obras e Instalaciones de edificios.
Asesor Técnico del Consejo Profesional de Ingeniería Civil.

PROLOGO

Hoy no basta lograr el confort o bienestar de las personas que permanecen en un local, se requiere cada vez más que el proyecto y ejecución del sistema de acondicionamiento térmico este orientado hacia el ahorro de energía, fundamentalmente las energías no renovables (fósiles).

La optimización o mejora de la eficiencia energética en un sistema de acondicionamiento térmico exige al profesional el conocimiento y análisis en su real dimensión de los parámetros intervinientes como son las características del edificio, cargas térmicas, sistemas de acondicionamiento de aire y costos de la propuesta.

El profesional interviniente debe buscar la reducción de las necesidades, la eficiencia y el uso racional de la energía. El uso racional de la energía le exige que considere el uso de tecnología de punta que utilicen energías renovables.

La actualización de la edición del libro “Acondicionamiento Térmico de Edificios” está dada en incorporar los conceptos expuestos precedentemente. De los cuales surge que “El proyectista del edificio condiciona su futuro energético de por vida”, mientras que “El proyectista del sistema de aire acondicionado condiciona tecnológicamente su futuro”.

Está dedicado especialmente a los actuales y futuros profesionales de la Arquitectura e Ingeniería. Surge a partir de la necesidad de brindar una herramienta práctica de consulta e información en el área del acondicionamiento térmico del aire, varios años de trabajo junto a profesionales proyectistas, firmas instaladoras y de enseñanza a estudiantes de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de la UBA.

Su desarrollo requirió un intenso trabajo de investigación, que junto con la experiencia acumulada permitieron recoger y volcar sistemáticamente con la mayor amplitud posible, los datos necesarios de cálculo, criterios de selección, descripción de los componentes y dimensionamiento de las distintas instalaciones de acondicionamiento del aire. Desarrollando tanto los fundamentos teóricos como la modalidad de aplicación. Incorporando la búsqueda de la eficiencia y el uso racional de la energía.

El libro pretende reunir, en forma clara y con sencillo análisis, un texto de formación teórica y general, con las de un verdadero manual de cálculo, que sea capaz de suministrar la información práctica que se le requiera. No pretendemos que sea la respuesta a todos los problemas que se plantean en el acondicionamiento del aire. Por ello dejamos abierta la puerta de la creatividad y de la perfectibilidad de las posibles soluciones.

Si el tiempo nos demuestra que su utilización por lo menos ha permitido simplificar y mejorar la enseñanza en un área tan compleja, habremos cumplido el objetivo principal de nuestra propuesta.

Un pensamiento.

“La tierra no es una herencia de nuestros padres, sino un préstamo de nuestros hijos”

Antiguo refrán Indio

Por ultimo, los autores desean agradecer a las personas, firmas y entidades que han hecho posible la aparición de este libro. El más sincero agradecimiento a los autores, editoriales, entidades y empresas que han permitidos la reproducción de los datos.

Los Autores

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad ambiental hoy exige al proyectista de un sistema de acondicionamiento térmico que tenga como premisa la eficiencia y el uso racional de la energía.

Desde este punto de vista, se pretende exponer los criterios básicos de eficiencia energética en el diseño de los sistemas de acondicionamiento térmico con el fin de lograr confort reduciendo los requerimientos de energía. **LA MAYOR FUENTE DE ENERGÍA ES EL AHORRO.**

Entendemos por:

Energías no renovables: son las generadas por recursos finitos, que se agotan: petróleo, carbón mineral y gas natural.

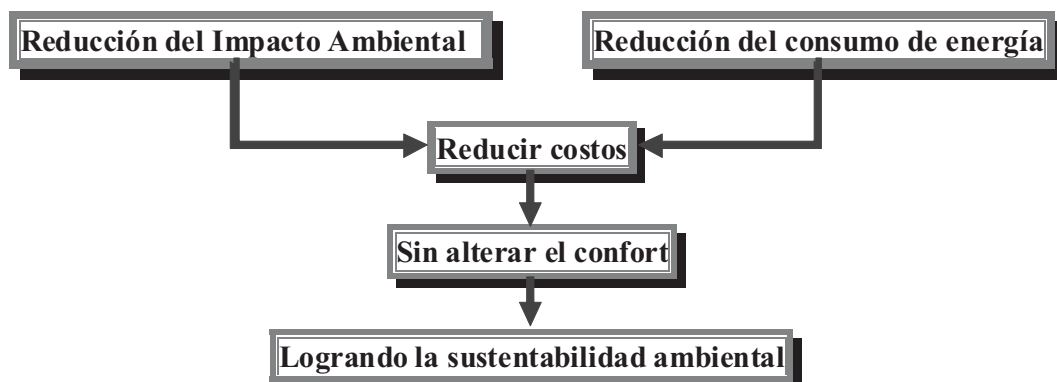
Energías renovables: generadas por recursos que poseen una fuente prácticamente inagotable en relación al tiempo de vida del hombre en el planeta: la energía solar, la eólica (de los vientos), la geotermia (utiliza el calor interior de la tierra), de la biomasa (utiliza materia orgánica: madera, celulosa, carbón vegetal, basura, etc.), energía hidráulica (el agua en movimiento) y la oceánica (utiliza la fuerza de las mareas para generar electricidad).

Eficiencia Energética:

Como la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede optimizar mediante la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad

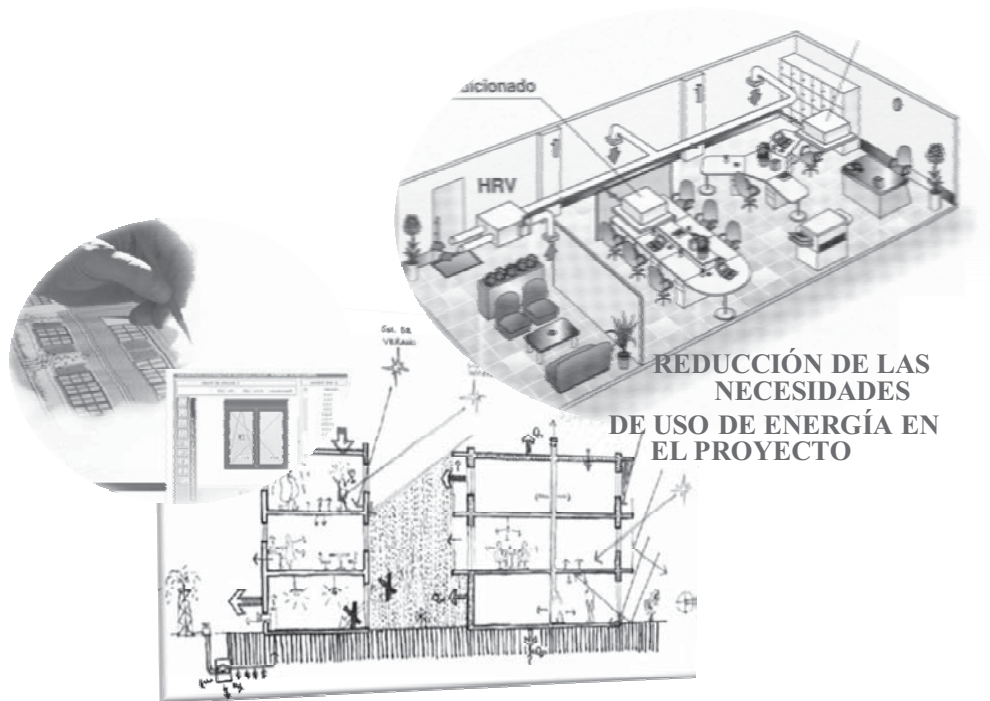
Uso Racional de la Energía

El “uso racional de la energía” no busca hacer un uso recortado de los recursos, sino un Uso Eficiente que implique el No Desperdicio de la energía.



El Proyecto y Ejecución de un sistema de acondicionamiento térmico, debe ser orientado hacia el ahorro de energía, fundamentalmente las energías no renovables (fósiles).

La optimización o mejora de la eficiencia energética en un sistema de acondicionamiento térmico exige del proyectista el análisis en su real dimensión de los parámetros intervinientes como son las características del edificio, cargas térmicas, sistemas de acondicionamiento de aire y costos de la propuesta. Se busca lograr la reducción de las necesidades y la eficiencia en el uso de la energía.



El uso racional de la energía requiere del proyectista que considere el uso de tecnología de punta que utilicen energías renovables.

Como usuarios debemos hacer uso responsable de los servicios que demanden energía y realizar el correspondiente mantenimiento de las instalaciones.

En este marco de lograr la reducción de las necesidades de energéticas de un edificio en el acondicionamiento térmico para el confort de un edificio, debemos tratar las pautas a considerar durante el:

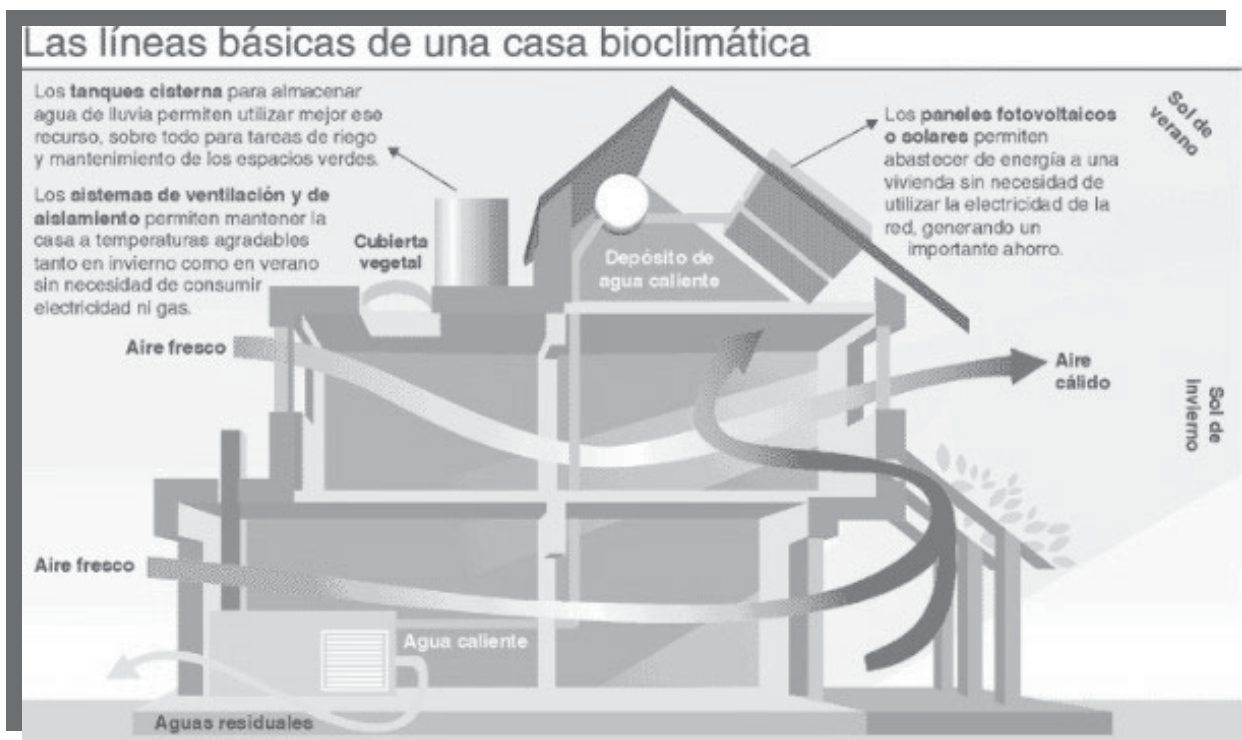
- I. PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL EDIFICIO A ACONDICIONAR PARA CONFORT**
- II. PROYECTO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO PARA CONFORT**
- III. EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA -- ANALISIS DE INVERSIONES**

Trataremos con mayor intensidad la tematica correspondiente al Proyecto del Sistema de Acondicionamiento Térmico para Confort, estableciendo pautas básicas a considerar de la arquitectura bioclimatica y de las inversiones que implica hacer uso eficiente y racional de la energía requerida para brindar en nuestro caso confort térmico de un edificio.



PARTE I

PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL EDIFICIO A ACONDICIONAR PARA CONFORT



***“EL PROYECTISTA DEL EDIFICIO CONDICIONA SU FUTURO
ENERGÉTICO DE POR VIDA”***

CAPITULO I

PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL EDIFICIO A ACONDICIONAR PARA CONFORT

I.1 Introducción

El análisis profundo del edificio en cuanto a su implantación, las características arquitectónicas de forma y orientación de las fachadas, como las propiedades térmicas de aislamiento y hermeticidad de la envolvente, distribución de los espacios interiores, son fundamentales en la búsqueda de reducir consumo energético durante toda la vida útil del mismo.

Los conceptos básicos Bioambientales deben ser aplicados en el proyecto arquitectónico fundamentalmente en lo referente a la:

1. Ubicación – Condiciones Exteriores e Interiores
2. Forma y Orientación del Edificio
3. Aislación y hermeticidad
4. Funcionamiento térmico del edificio
5. Protecciones pasivas
6. Destino de los locales - Zonificación
7. Normas

“EL PROYECTISTA DEL EDIFICIO CONDICIONA SU FUTURO ENERGÉTICO DE POR VIDA”

Es claro que *“Un adecuado aislamiento térmico y hermeticidad de los edificios contribuye a la disminución de la demanda de energía para acondicionamiento térmico, reduce el impacto ambiental y genera una mejor calidad de vida de la población.”*

“CONCEPTOS QUE DEBEN SER REFLEJADOS EN LAS EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA VIGENTE.”

I.2 UBICACIÓN – CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES

Adecuar el proyecto del edificio a las condiciones climáticas del medio reporta beneficios en cuanto al ahorro en el consumo energético para su acondicionamiento interior y también con respecto al bienestar térmico de las personas que los habitan.

Variables a tener en cuenta:

CLIMATICAS

- ✓ Radiación Solar
- ✓ Temperaturas
- ✓ Vientos
- ✓ Humedad Atmosférica
- ✓ Nubosidad
- ✓ Precipitaciones

EDILICIAS

- Orientación
- Forma
- Distribución interior
- Materiales adecuados
- Elección del sistema

Las temperaturas y humedades exteriores en las estaciones de verano e invierno deben ser

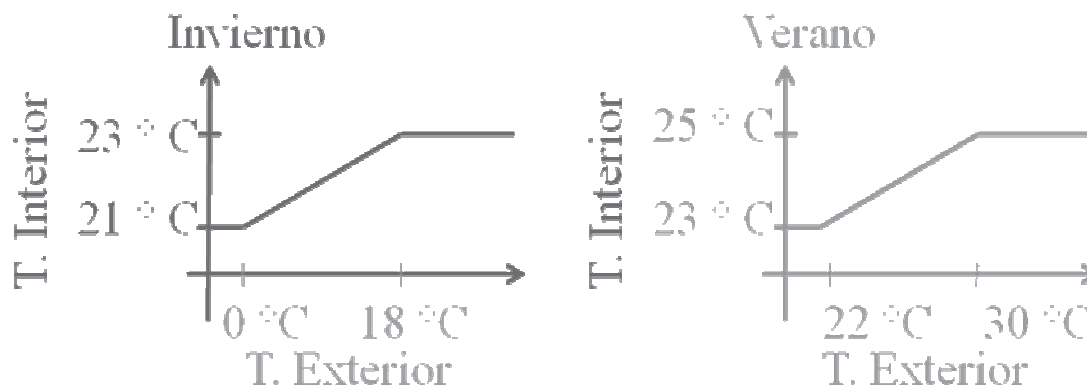
determinadas con la mayor precisión posibles, analizando la curva de temperatura y humedades de los últimos años, considerando la evolución debido al calentamiento global del planeta.

Temperatura operativa – Humedad relativa estándar para ambientes

| | <u>Temperatura</u> | <u>Humedad</u> |
|-----------------|--------------------|----------------|
| Verano | 23 25 °C | 45 60 %Hr |
| Invierno | 21 23 °C | 40 60 %Hr |

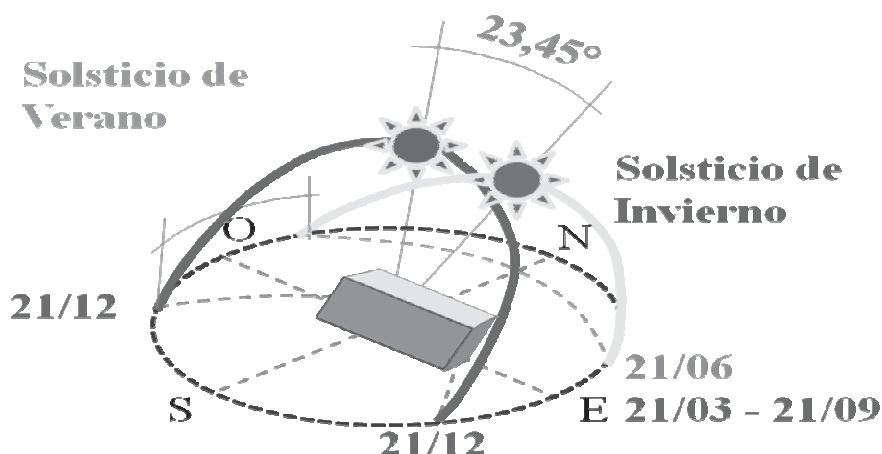
Las personas están adaptadas al clima donde habitan por ello los parámetros higroscópicos de confort están en concordancia con la zona climática. De acuerdo con la temperatura exterior podemos adoptar una temperatura interior acorde que permita cumplir con las condiciones de confort para el lugar analizado, ello permite reducir el salto térmico reduciendo así la carga térmica por transmisión.

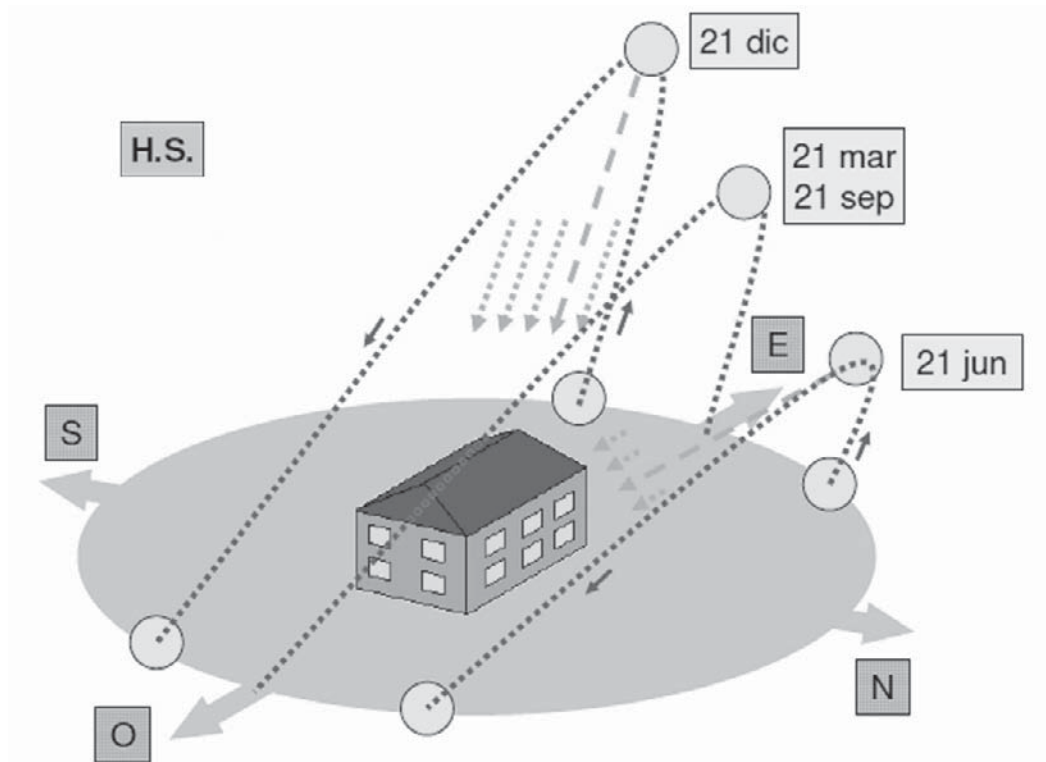
Compensación temperatura interior en función de la Exterior



I.3 FORMA Y ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO

La forma del edificio tiene gran incidencia en los consumos energéticos necesarios para calefacción y refrigeración, que dependerán de la rigurosidad del clima en el cual está localizada la vivienda, pero en general las formas posibles pueden relacionarse con las ganancias y pérdidas de calor.

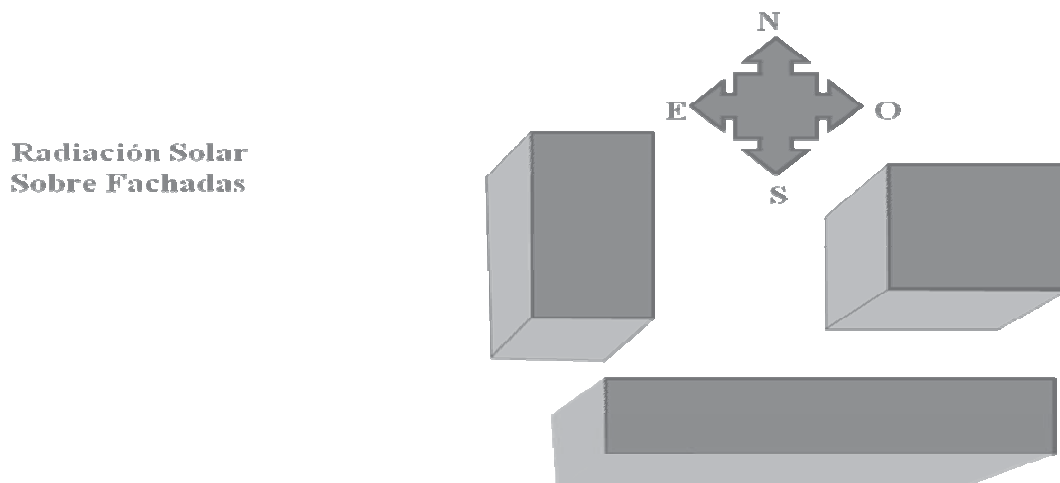




Los edificios de una planta cuentan con más superficies expuestas a la radiación solar de paredes y techos que uno de dos plantas con el mismo volumen. De los diseños posibles, la forma cuadrada es la menos eficiente.

En el clima tropical está comprobado que forma rectangular con la cara mayor expuesta al sol y de color claro es la mejor respuesta de eficiencia energética.

En el hemisferio sur la forma rectangular alargada expone en invierno su cara norte. Al recibir los rayos solares en su parte más alargada, obtendrá también mayor cantidad de energía. En verano, esta fachada recibirá menor cantidad de energía solar que el techo y las caras este y oeste, cantidad de energía solar que el techo y las caras este y oeste, puesto que el sol estará más alto.



Esta superficie de alargamiento, estará relacionada con el clima. Cuanto más frío, menos alargamiento y color más oscuro. Habrá que conservarlo compacto y con bajas pérdidas. En

climas cálidos, el concepto es el inverso; alargar las viviendas y permitir a través de las ventanas un amplio barrido de la ventilación en las habitaciones. La forma alargada este - oeste permitirá una buena iluminación, para lo cual las ventanas deberán estar relacionadas con el tamaño de la habitación. Como el sol penetrará por éstas en invierno, para que llegue al fondo del local su profundidad no deberá ser mayor de 2 a 2 ½ veces la altura de la ventana medida desde el piso.

Para el hemisferio sur el lado norte es el lado más privilegiado, el sur es más castigado. Todas las pérdidas de energía se producirán por allí, pues el sur casi siempre permanece en sombras. Por tal razón es conveniente disminuir la superficie expuesta en esa dirección. La situación ideal es aquella en la cual las paredes que dan al sur no tienen ventanas o tienen pocas; en todo caso deberán tener una fuerte aislación.

Además de no recibir sol, éstas sufren las contingencias de los vientos fríos del invierno. Una densa cortina de árboles siempre verdes, una pared alta o fuertes aislaciones son buenas alternativas de solución.

Ocurre lo inverso en el hemisferio norte

I.4 AISLACIÓN Y HERMETICIDAD

El análisis de las alternativas en la aislación y hermeticidad de la envolvente de un edificio permite reducir las pérdidas y/o ganancias de calor según la época del año y por ende reducir la potencia térmica de los equipos de acondicionamiento. A su vez es necesario el de las propias instalaciones de aire acondicionado, como el caso de cañerías o conductos, para evitar pérdidas de calor innecesarias.

La Cámara Argentina de la Construcción de la República Argentina, a través de su Área de Pensamiento Estratégico realizó el análisis que permitiría ahorrar básicamente la energía que se importa en un plazo de 8 a 14 años determinando cuál sería el costo de mejorar la aislación de las unidades de vivienda. El trabajo estuvo a cargo de los Ing. Cecilia Cavedo e Ing. Daniel Galilea.

“Teniendo en cuenta que la cantidad de energía que se consume para el acondicionamiento térmico en el sector de viviendas constituye una cantidad significativa respecto del total de energía utilizada por todos los sectores (aproximadamente 20%), ahorrar en este sentido, implica poder destinar esos recursos para el sistema productivo del país, fomentando tanto el desarrollo como el crecimiento sostenido.”

Este ahorro energético se consigue con la mejora en la aislación de la envolvente de los edificios.

Para el estudio encarado se utilizó como base el trabajo realizado por el INTI Construcciones “USO RACIONAL DE LA ENERGIA - Ahorros mediante Aislamiento Térmico en la Construcción”

En este trabajo se analizaron tres sistemas constructivos, que son los más utilizados en la República Argentina, considerando tres tipos de paredes (tabique de ladrillo hueco de 12 cm, muro de ladrillo hueco de 18 cm, muro de bloque portante de hormigón) y dos tipos de techos (cubierta de chapa para las casas, y losa de hormigón para los edificios de departamentos).

Se evaluó el comportamiento térmico de acuerdo a las normas IRAM, según se construya

1- Sin aislación

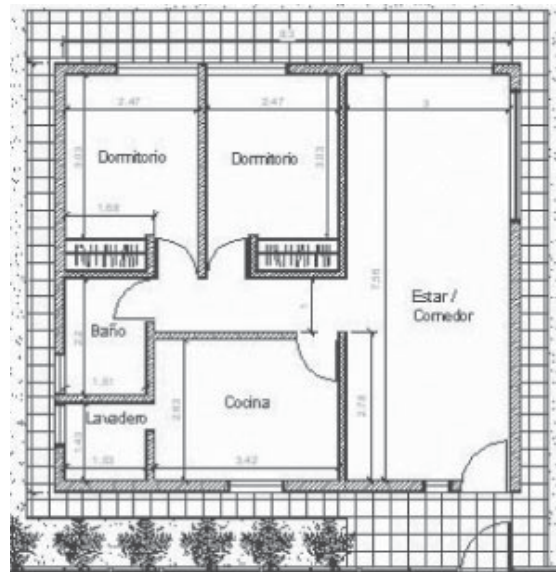
2- Con aislación de muros y techo

3- Con aislación de muros, techo y cambiando las carpinterías de vidrio simple por doble vidriado hermético (DVH).

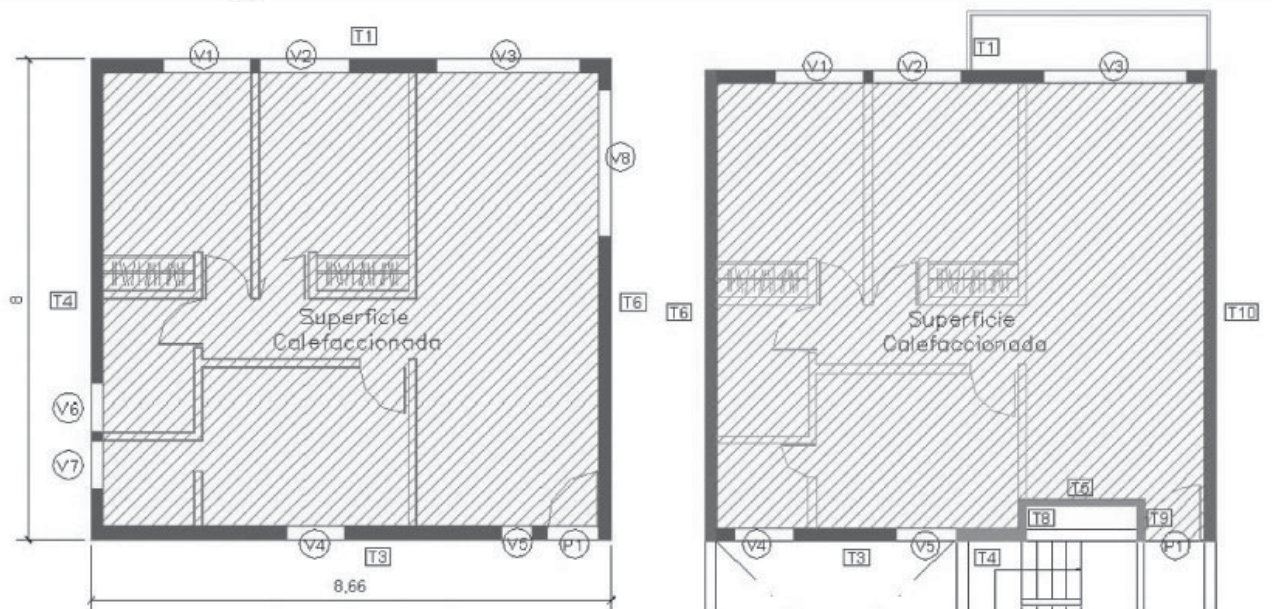
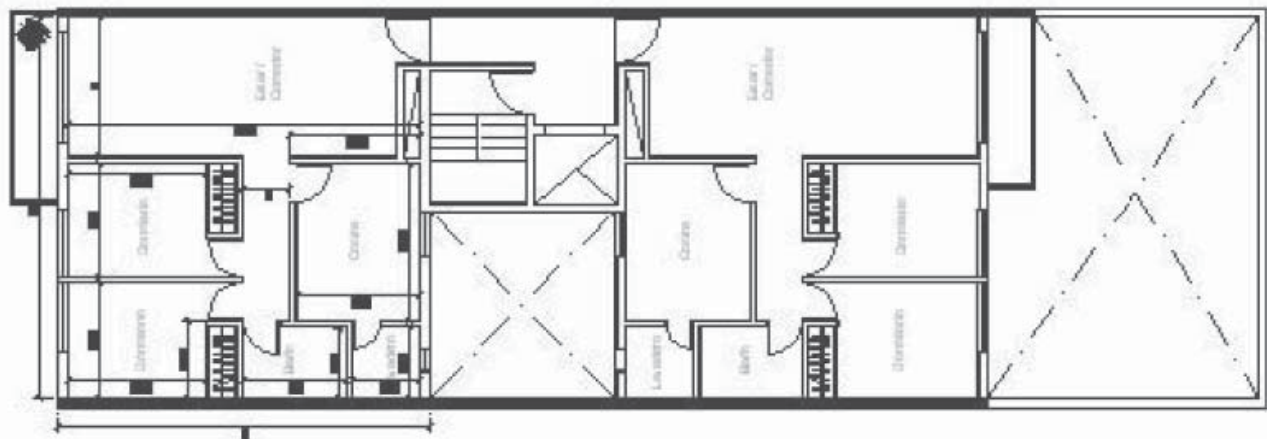
Se utilizaron los datos del Censo 2001, con dos tipologías de vivienda: tipo casa y tipo departamento, ambos de 3 ambientes de aproximadamente 60m².

Se adjuntan las plantas consideradas y la tabla del tipo de sistema constructivo en cada región

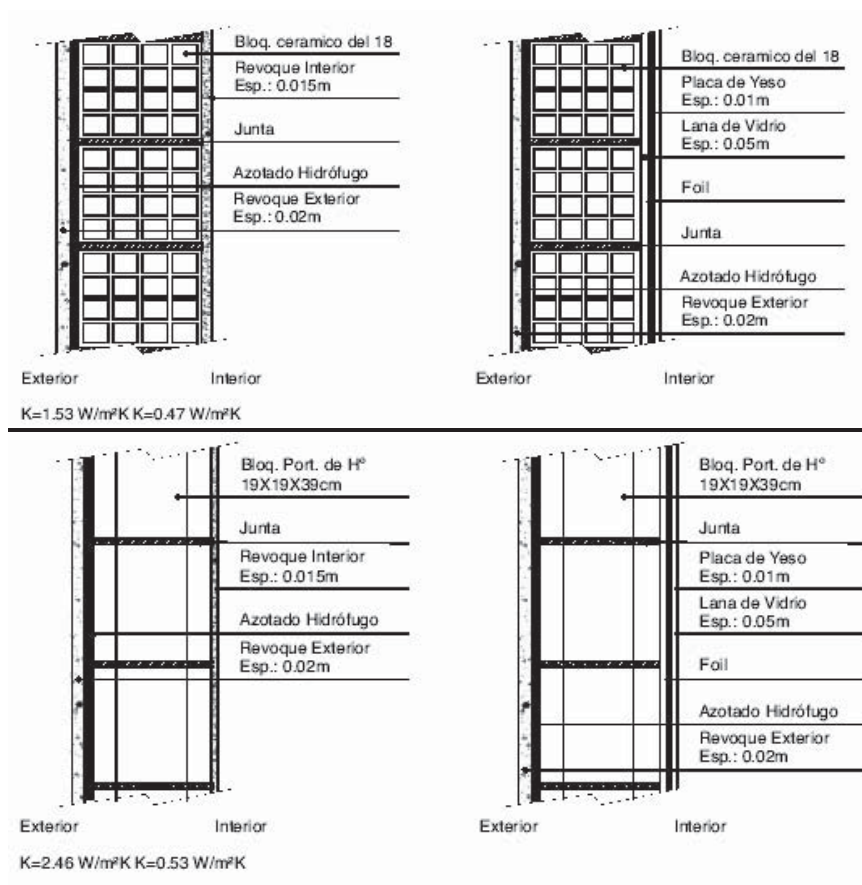
Planta Casa



Planta Edificio



Superficie Calefaccionada. a) Planta Casa; b) Planta Edificio



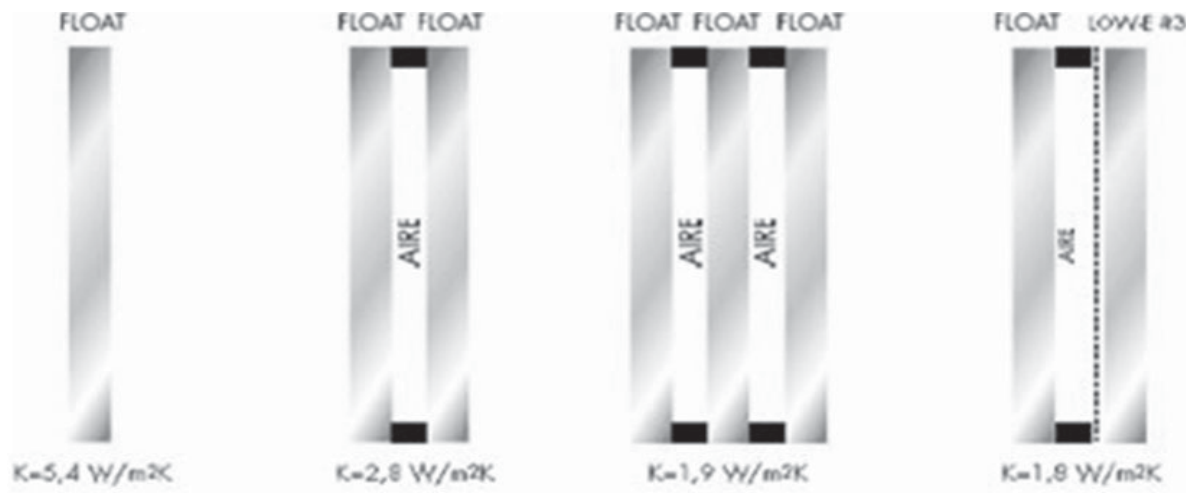
Con los datos del Censo 2001, el total de usuarios de red residenciales de gas (datos del ENARGAS), y la Norma IRAM 11603, se calcularon las pérdidas volumétricas globales de calor y las cargas térmicas anuales unitarias para cada provincia para los sistemas constructivos con y sin aislación.

La carga térmica anual total es el producto de la carga térmica anual unitaria por el total de usuarios de gas de casas o departamentos de cada provincia.

Finalmente se elaboró la tabla TOTAL AHORRO CASAS + EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS, donde se observa que aislando muros y techos se puede ahorrar hasta un 43% de la energía utilizada para calefacción residencial, mientras que si además se sustituyen los vidrios comunes por DVH, se obtiene un ahorro de 51%. Mientras que el resultado obtenido indica la posibilidad de alcanzar un ahorro de energía empleada para refrigeración en edificios residenciales de todo el país, de 35% aislando muros y techos pudiendo llegar al 40% con el reemplazo de los vidrios por DVH.

Hoy en el mercado existen distintos tipos de vidrios activos:

- Cristal Líquido LCD: aumentan su transmitancia al aplicarles una corriente eléctrica
- Gasocrómicos: disminuye su transmitancia en presencia de un gas (introducido entre los cristales)
- Partículas en suspensión SPD: al aplicar un campo eléctrico se ordenan las partículas y aumenta la transmitancia
- Electrocrómicos: cambian su color al aplicarles una corriente eléctrica



Conclusiones

- El resultado obtenido indica la posibilidad de alcanzar un ahorro de energía empleada para calefacción en edificios residenciales de todo el país, de 43% respecto a la actual demanda registrada pudiendo llegar al 51% con el reemplazo de los vidrios por DVH y un ahorro de energía empleada para refrigeración en edificios residenciales de todo el país, de 35% aislando muros y techos pudiendo llegar al 40% con el reemplazo de los vidrios por DVH.
- Este ahorro se obtendría en todos los combustibles utilizados para calefacción y refrigeración: gas natural, electricidad, combustibles líquidos, etc.
- El ahorro está calculado en base a los consumos de los edificios residenciales, sin tener en cuenta los ahorros que se sumarían aislando hoteles, edificios comerciales, industriales, administrativos, etc.
- Además, se debe considerar el ahorro de energía destinada a refrigeración, evitando posibles puntos críticos de suministro de energía también en el período estival.
- El costo que implica el acondicionamiento térmico de los edificios es recuperado en un plazo de 8 años a 14 años según la solución adoptada debido a los menores consumos de energía destinados a calefacción y refrigeración.
- Todos estos recursos energéticos así ahorrados estarían disponibles para la industria, transporte, exportación, etc.
- La arquitectura y el urbanismo sustentable son un desafío. El desafío es grande y multidisciplinario.

Los profesionales deben generar proyectos más amigables con el medio ambiente, las constructoras construir pensando en soluciones en este sentido.

Se necesita una normativa para reglamentar la construcción de viviendas nuevas teniendo en cuenta la eficiencia energética para destinar esa energía al desarrollo productivo del país.

1.5 FUNCIONAMIENTO TÉRMICO DEL EDIFICIO

El proyecto de un edificio debe propender a que su funcionamiento sea para el hemisferio sur:

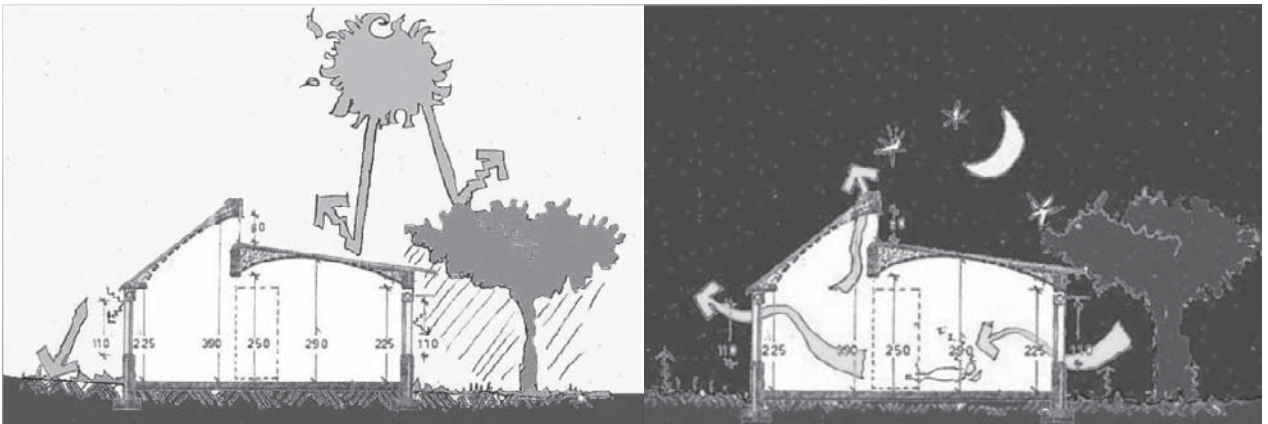
Funcionamiento de invierno



Día: Admitir fuentes de calor externas

Noche: Evitar pérdidas de calor al exterior

Funcionamiento de verano



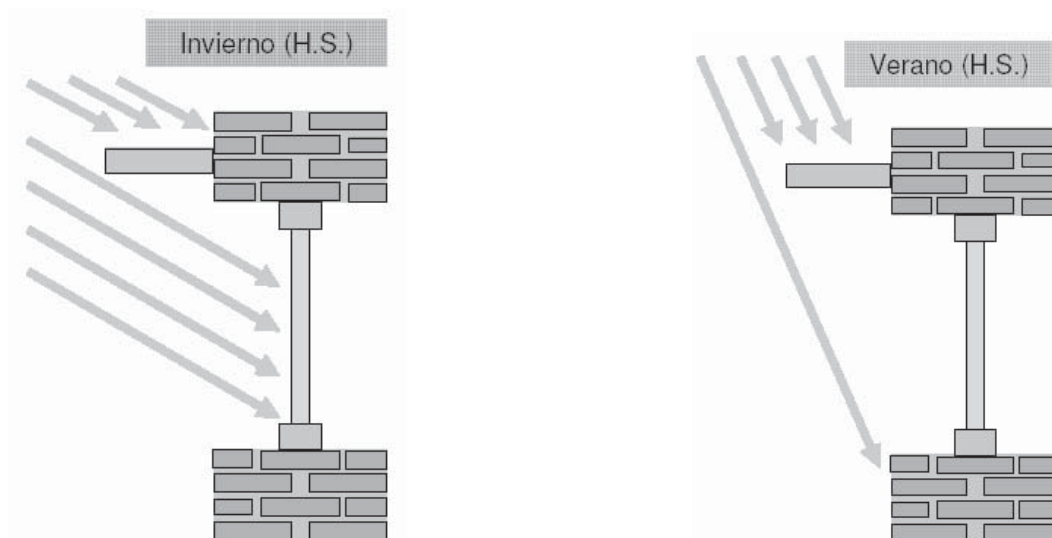
Día: Evitar fuentes de calor externas

Noche: Permitir pérdidas de calor al exterior

Ello permite asegurar confort con requerimientos mínimos de recursos de acondicionamiento térmico.

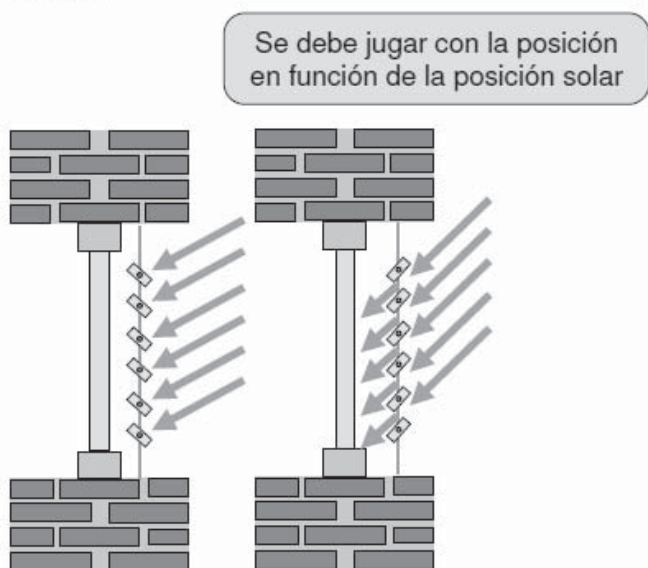
I.6 PROTECCIONES PASIVAS

Los vidrios de las ventanas actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar, pero la radiación calórica invisible que emiten a su vez los objetos, no pasan. A esto se lo denomina efecto invernadero que si bien es beneficioso en invierno, hace que en verano deba protegerse adecuadamente las ventanas mediante persianas o cortinas exteriores.

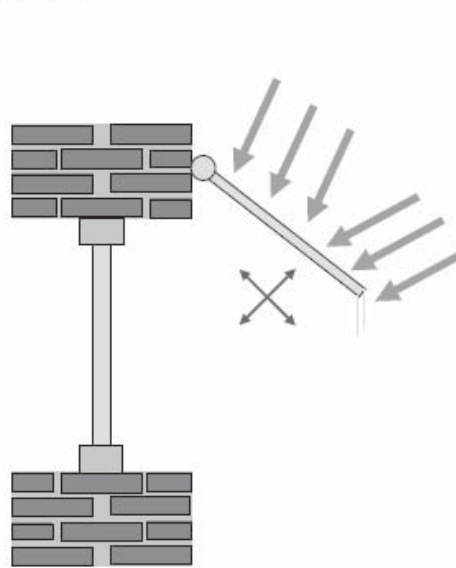


En las fachadas norte los parasoles deben ser horizontales y en las este y oeste, siempre verticales y móviles.

Lamas

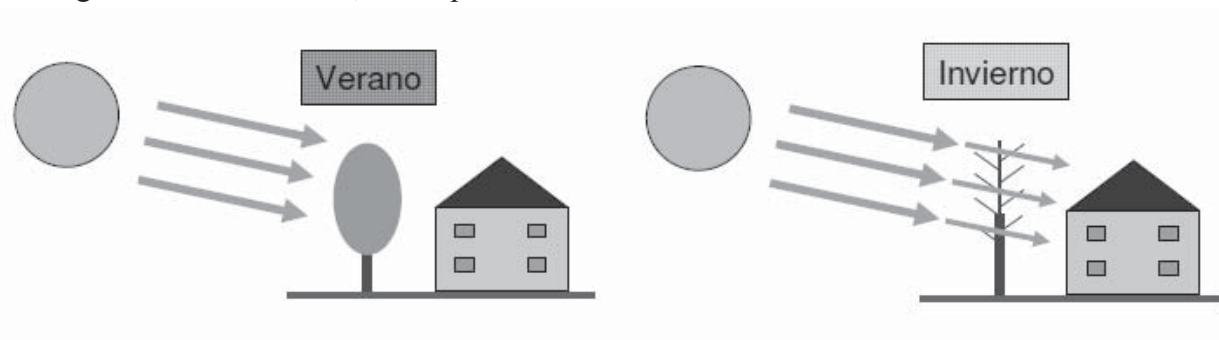


Toldos



Ubicar Árboles de hoja caduca al E y O

Protegen del Sol en verano, No impiden el de invierno.



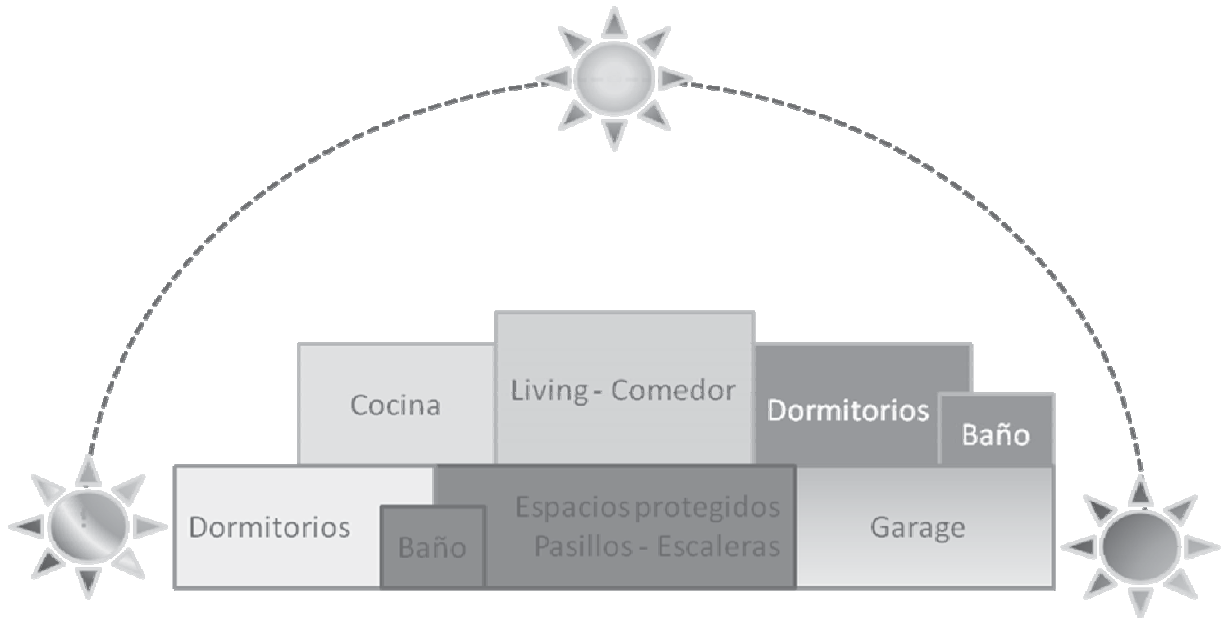
1.7 DESTINO DE LOS LOCALES - ZONIFICACIÓN

Otra forma de reducir los consumos de energía en un edificio es pensar en la distribución de espacios interiores.

Los espacios amplios no oponen obstáculos a los flujos y corrientes de aire desde los núcleos centrales a la periferia, facilitando así la ventilación, la iluminación natural y la circulación de calor o frío de un lado a otro.

Para el hemisferio sur la distribución de los espacios interiores debe hacerse procurando colocar en la zona sur, más consumidora de energía, los espacios que no requieren calefacción o refrigeración, tal el caso de baños, núcleos de limpieza, ascensores, etc. El último piso es el que más alteraciones sufre, pues al estar expuesto su techo al sol y al viento, las variaciones de temperatura son significativas. Resulta conveniente entonces ubicar en ese sitio las salas de ascensores y demás espacios que no necesiten climatización. En una vivienda, las habitaciones que requieren una buena cantidad de sol son el comedor y los dormitorios. Los baños pueden ser colocados hacia el sur, creando una cámara de contención que impida la fuga de calor por esa cara del edificio y actuar como protectores de las pérdidas.

La orientación oeste es peligrosa en verano, pues a la tarde crea una zona donde se recibe una alta cantidad de energía solar. Es importante crear allí también un espacio que actúe como pulmón amortiguador.



Debe ubicarse .Espacios Principales la Norte: con una desviación de $+ o - 15^\circ$, libre de obstáculos. Espacio de Servicio al Sur

I.8 NORMAS

La República Argentina cuenta con algunas normas que tratan el tema.

- ✚ Código de la Edificación
- ✚ IRAM 11603 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- ✚ IRAM 11605 “Condiciones de habitabilidad en edificios”
- ✚ IRAM 11630 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas.
- ✚ IRAM 11559 Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.
- ✚ IRAM 11659-1 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
- ✚ IRAM 11659-2 Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas.
- ✚ IRAM 11564 Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de calor en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente con guarda, y de la caja caliente calibrada.
- ✚ IRAM 1739 - Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación.
- ✚ IRAM 62404 – Etiquetado de eficiencia energética para lámparas eléctricas para iluminación general.
- ✚ IRAM 62406 – Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire.
- ✚ IRAM 210001-1 - Colectores solares. Definiciones
- ✚ IRAM 11900 – Etiquetado de eficiencia energética en edificios (En Estudio)

Pero la verificación normativa anterior solamente garantiza que el edificio cumple con los requisitos de eficiencia energética mínimos, lo que está lejos de agotar todas las posibilidades de mejora. No es un punto de llegada, es el punto de partida desde el que explorar otras opciones viables técnica y económicamente.

Aquí, entra en juego la certificación energética de los edificios. Con carácter previo, el promotor, deberá decidir qué calificación energética desea para su edificio, y proyectarlo conforme a ella, lo que supondrá una mayor exigencia de calidad energética y mayor transparencia en el mercado inmobiliario.

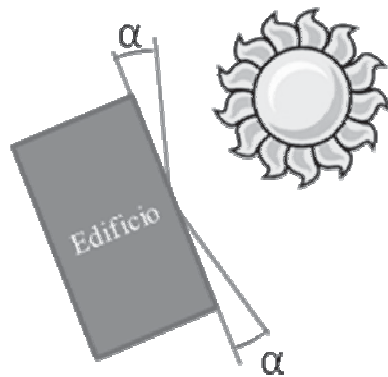
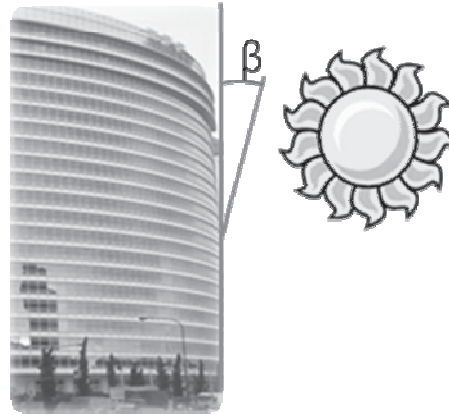
“Se necesita una Normativa para reglamentar la construcción de viviendas nuevas y adecuar las existentes, teniendo en cuenta la eficiencia energética para destinar esa energía al desarrollo productivo del país.”

I.9 ENVOLVENTE - OSCURECIMIENTO

A nivel de la envolvente podemos actuar sobre los sistemas de oscurecimiento

Automatización de persianas

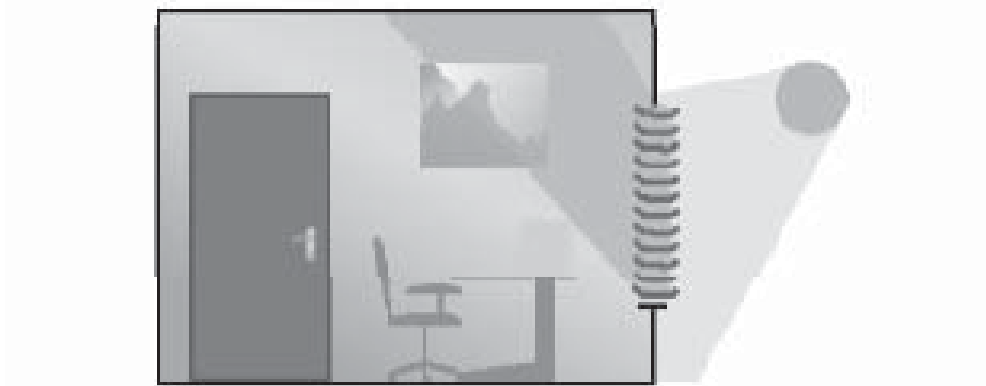
Control del factor solar

**Vista en planta del Edificio****Vista lateral del edificio**

Control de la sombra

**Celosía Horizontal****Celosía Vertical**

Control del reflejo



I.10 INSTALACIONES TÉRMICAS:

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos.

- ✓ Control sobre Equipos, Electroválvulas, suelo radiante, radiadores, Termostatos splits
- ✓ Control en función de presencia
- ✓ Control horario

I.11 CONCLUSIÓN

Como conclusión las medidas edilicias mínimas a tener en cuenta a fin de mejorar la calidad energética de los Edificios para confort.

Debemos en general considerar y actuar en los Edificios existentes sobre:

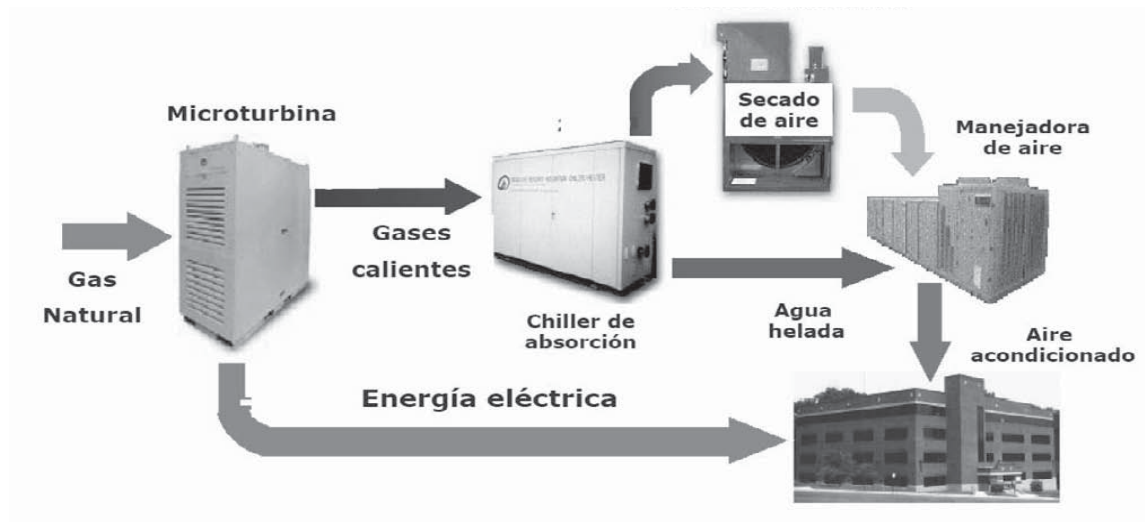
- ❖ El Aislamiento Térmico de la envolvente
- ❖ El Aislamiento Térmico de las cañerías de las instalaciones térmicas
- ❖ Las Carpinterías colocando doble vidriado y cristales de baja emisividad
- ❖ Las especies arboreas para dar sombra y producir barreras contra los vientos que lo afectan

Mientras que en el desarrollo del proyecto del edificio debemos actuar sobre:

- ❖ La Orientación,
- ❖ La Forma y volumetría edilicia
- ❖ El diseño de envolventes y aventanamientos
- ❖ Los materiales a emplear en la construcción del edificio
- ❖ La arquitectura favoreciendo la ventilación natural

PARTE II

PROYECTO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO PARA CONFORT



***“EL PROYECTISTA DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
CONDICIONA TECNOLOGICAMENTE SU FUTURO”***

CAPITULO II

GENERALIDADES

II.1 INTRODUCCIÓN

Previo a introducirnos en el tratamiento del acondicionamiento del aire, desarrollaremos algunos conceptos básicos, que permitirán una mejor comprensión de los temas a tratar.

II.2 CALOR

Es la forma o manifestación de la energía propia de los movimientos a que están sujetas las moléculas que constituyen los cuerpos. Al calentarse un cuerpo aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos, según la cantidad de calor entregada, en el proceso de enfriamiento ocurre lo contrario.

Para las personas es la causa externa que le provoca la sensación conocida como de frío, o de caliente, que nos transmite un fluido o cuerpo con el que tomamos contacto.

Arbitrariamente se fijan parámetros comparativos que permiten determinar el nivel del calor, al que denominamos **temperatura**.

Las energías térmicas acumuladas en un cuerpo constituyen lo que se conoce como **cantidad de calor**.

Un cuerpo puede tener una mayor temperatura a nivel térmico pero puede contener un menor contenido total de calor, a consecuencia que la cantidad de calor depende de la masa del cuerpo y de su temperatura.

El calor puede cuantificarse entonces teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales: intensidad de calor y cantidad de calor.

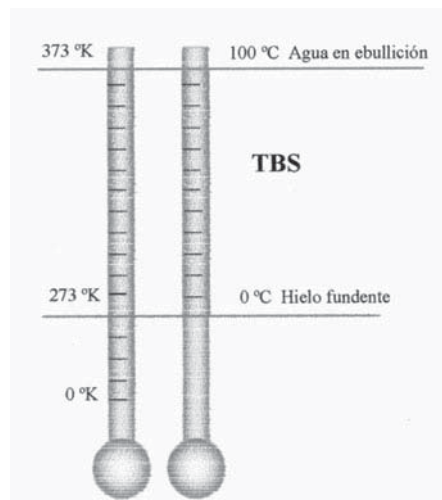
□ **Intensidad de calor - Temperatura:** Es una magnitud que depende del estado calorífico de los cuerpos. Diremos que cuando agregamos calor a un cuerpo, es decir, calentamos, aumentamos su temperatura y cuando le quitamos calor, es decir, enfriamos, disminuimos su temperatura. Salvo cuando el estado del cuerpo este en un equilibrio físico, en cual parte del calor absorbido o sustraído será utilizado para cambiar de estado, (Gaseoso-Líquido, Líquido-Sólido o Sólido-Gaseoso), producido dicho cambio recién se calentara o enfriara según corresponda.

Es decir, que la temperatura es una magnitud relativa y que está relacionada con la velocidad del movimiento molecular estableciéndose para medirla una unidad práctica que da una idea del grado o nivel de calor, que tiene un cuerpo determinado. Arbitrariamente se fijan parámetros comparativos que permiten determinar dicho nivel de calor, al que se denomina temperatura. Para medir las variaciones de temperatura se emplea una escala convencional con divisiones iguales y arbitrarias a partir de un origen que se considera como cero de la escala.

□ **Centígrada o Celsius:** se toma como puntos de comparación la temperatura del hielo en estado de fusión en 0 °C y la del agua pura en ebullición en 100 °C, a presión atmosférica normal. La escala se divide en 100 partes, y su unidad se denomina grado centígrado y lo indicaremos °C.

Otra escala es la de temperatura absolutas en Kelvin, (unidad base de temperatura para el Sistema Legal Argentino, SIMELA), que toma como punto inicial la mínima que se puede lograr en la naturaleza, que es de - 273,15 °C.

$$T (^{\circ}\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273 ^{\circ}\text{C} \quad - \quad \text{En grados Kelvin}$$



Escala de temperaturas

□ **Cantidad de calor:** La cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de la energía térmica de todas las moléculas que las componen, esta magnitud determina el contenido total de calor.

La cantidad de calor de un cuerpo quedara definida por el peso del mismo y de su temperatura. Para determinarla se establece una constante que es característica de las particularidades de cada cuerpo y que se denomina calor específico.

□ **Calor específico:** Es la cantidad de calor para que un kilogramo de una sustancia aumente su temperatura en un grado kelvin (o un grado centígrado). El calor específico depende de la temperatura a que se encuentra el cuerpo, en los gases depende de la presión no obstante, a los fines prácticos la supondremos constante. Su dimensión es Joule / Kg x °K (Kcal / Kg x °C) y lo indicaremos con el símbolo C_e .

A los fines prácticos puede suponerse constante para cada sustancia. Varía para los sólidos en función de su temperatura, mientras para los gases varía en función de la presión.

Como unidad se utiliza el agua a presión atmosférica normal, considerándose una temperatura normal de 288 °K, 15 °C.

Kilocaloría: Se denomina Kilocaloría a la cantidad de calor que se necesita añadir a un kilogramo de agua destilada a la presión atmosférica normal para que su temperatura se eleve un grado centígrado de 14,5 °C a 15,5 °C.

$$1 \text{ Kcal (Kilocaloría)} = 4,1855 \text{ KJoule} = 1,163 \text{ W (Watt)}$$

II.3 CALOR SENSIBLE

Para provocar el aumento o disminución de la temperatura de una sustancia a presión constante debemos suministrarle o sustraerle una cierta cantidad de calor, que la denominaremos calor sensible.

$$Q_s = C_e \times P \times (t_1 - t_2)$$

| | | |
|-----------------|-----------------|--|
| Unidades | [Kcal.] | = [Kcal. / Kg. x °C] x [Kg.] x [°C] |
| | [Kjoule] | = [Kjoule/Kg. x °K] x [Kg.] x [°K] |

$$[W] = [W / Kg. \times ^\circ C] \times [Kg.] \times [^\circ C]$$

Donde: Q_s = Cantidad de calor sensible agregado o sustraído de una sustancia

C_e = Es el calor específico de la sustancia $[W / kg \times ^\circ K]$ o $[kcal / kg \times ^\circ C]$

P = Es el peso de la sustancia en $[Kg]$

$(t_1 - t_2)$ = Es el salto térmico que sufre la sustancia en $[^\circ K]$ o $[^\circ C]$

II.4 CALOR LATENTE

Para pasar de un estado físico a otro de una sustancia sin variación de su temperatura, sólido a líquido, (fusión), líquido a vapor, (ebullición) o viceversa, se le debe adicionar o sustraer una cierta cantidad de calor, que la denominaremos calor latente,

$$Q_l = C_{lv} \times P \times (t_1 - t_2)$$

$$\begin{aligned} \text{Unidades} \quad [Kcal.] &= [Kcal. / Kg] \times [Kg.] \\ [Kjoule] &= [KJoule / Kg] \times [Kg] \\ [W] &= [W / Kg.] \times [Kg] \end{aligned}$$

Donde: Q_l = Cantidad de calor sensible agregado o sustraído de una sustancia.

C_{lv} = Es el calor latente de vaporización o fusión, según el cambio físico de la sustancia $[W / kg]$, $[kcal / kg]$

P = Es el peso de la sustancia en $[Kg]$

Ejemplo: Se analizará la cantidad de calor que es necesaria suministrar a un kilogramo de hielo a $273^\circ K$ para transformarlo en agua a $+273^\circ K$ a presión normal.

| | | |
|--------|---|----------------------------|
| Datos: | $C_{eh} = 2090 \text{ J/Kg. } ^\circ K$ | Calor específico del hielo |
| | $C_{ew} = 4185 \text{ J/Kg. } ^\circ K$ | Calor específico del agua |
| | $P = 1 \text{ Kg.}$ | Peso |
| | $L_h = 334,84 \text{ KJ/Kg.}$ | Calor latente de fusión |

1º Paso - Llevar el kilogramo de hielo a la temperatura de fusión, es decir, a $273^\circ K$, se necesitan:

$$Q_{sl} = C_{eh} \times P \times (t_1 - t_2) \quad \text{Hay una variación de temperatura sin cambio de estado, Calor sensible.}$$

$$Q_{sl} = 2,09 \times 1 \times (9,73 - 263) = 20,9 \text{ KJ}$$

2º Paso - Para transformar 1 kilogramo de hielo a $-273^\circ K$ en 1 kilogramo de agua a $273^\circ K$, se necesitan:

$$Q_{li} = L_h \times P \quad \text{Hay cambio de estado sin modificar la temperatura, calor latente}$$

$$Q_{li} = 334,84 \times 1 = 334,81 \text{ KJ}$$

3º Paso - Llevar el kilogramo de agua de 273 K a 283 K de temperatura, se necesitan:

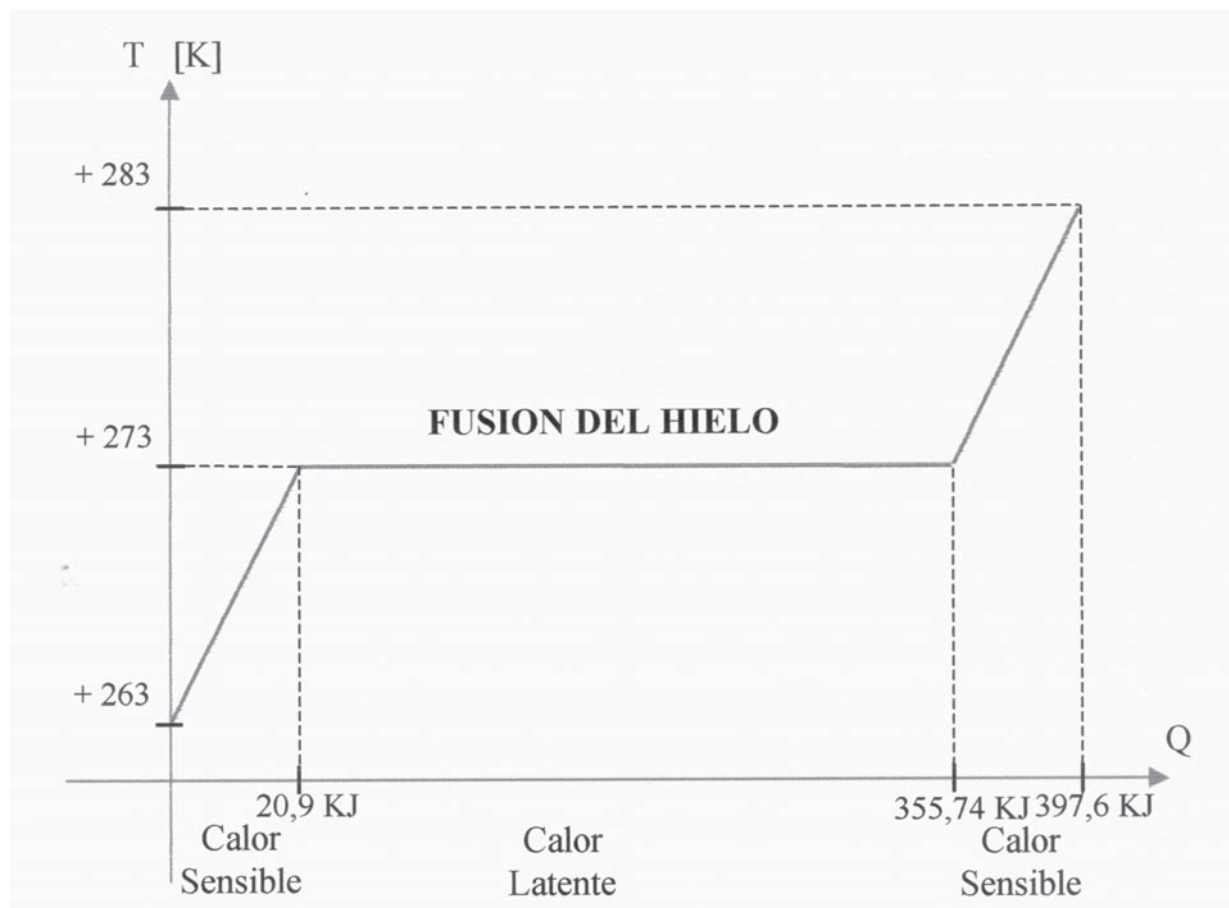
$QS2 = C_{ew} \times P \times (t_2 - t_3)$ Hay una variación de temperatura sin cambio de estado, calor sensible.

$$QS2 = 4,185 \times 1 \times (283 - 273) = 41,9 \text{ KJ}$$

4º Paso - Cálculo del calor total a suministrar

$$Q_t = Q_{SI} + Q_{LI} + QS2$$

$$Q_t = 397,6 \text{ KJ}$$



II.5 ENTALPÍA

La entalpía es un valor que indica el contenido de calor de una sustancia, siendo la suma de calor sensible total más el calor latente total de la sustancia.

II.6 COMPOSICIÓN DEL AIRE

Decimos que existe aire seco cuando se ha extraído todo el vapor de agua y los contaminantes. La composición del aire seco es relativamente constante, si bien el tiempo, la ubicación geográfica y la altura determinan pequeñas variaciones en la cantidad de sus componentes. El aire seco, tiene a nivel del mar la siguiente composición:

Cuadro 1: Composición del aire seco

| Substancia | Fórmula | Masa molecular (kg kg-mol-1) | Porcentajes en volumen (moles/100 moles) |
|--------------------|---------|---------------------------------|---|
| Nitrógeno | N2 | 28,016 | 78,084 |
| Oxígeno | O2 | 32,000 | 20,9496 |
| Argón | Ar | 39,948 | 0,934 |
| Dióxido de carbono | CO2 | 44,010 | 0,0314 |
| Neón | Ne | 20,183 | 0,001818 |
| Helio | He | 4,0026 | 0,000524 |
| Metano | CH4 | 16,03188 | 0,0002 |
| Dióxido de azufre | SO2 | 64,064 | 0,0001 |
| Hidrógeno | H2 | 2,01594 | 0,00005 |
| Criptón | Kr | 83,800 | 0,0002 |
| Ozono | O3 | 48,000 | 0,0002 |
| Xenón | Xe | 131,300 | 0,0002 |

Fuente: ASHRAE - 1977

Normalmente, el aire seco tiene vapor de agua asociado, lo que da origen a lo que se denomina aire húmedo que es una mezcla binaria de aire seco y vapor de agua. La cantidad de vapor presente en la mezcla puede variar entre un valor próximo a cero y un valor correspondiente al estado de saturación, el cual es inferior al 3 % del peso del conjunto incluso en los climas más húmedos, pero su influencia sobre nuestro bienestar es fundamental.

II.7 PROPIEDADES DEL AIRE SECO

□ **Volumen específico del aire seco:** Para el aire seco que tiene una temperatura relativamente próxima a su temperatura crítica es aplicable la ecuación de estado de los gases perfectos.

Es decir:

$$V_a = \frac{R_a \times T}{p_v}$$

V_a = Es el volumen específico del aire seco en $[m^3/Kg.]$

R_a = Es la constante universal de los gases que para el aire es igual a 29,27 m°K.

T = Es la temperatura absoluta en $[°K]$ o $[°C]$

p_v = Es la presión del aire seco en $[Kg/m^2]$

□ **Calor específico del aire seco:** Para una presión de 760 mm de Hg, el calor específico del aire seco C_{pa} varía entre 0,2768 W/kg °K, (0,238 Kcal/kg °C), a + 233 °K, (-40 °C), y 0,2838 W/kg °K, (0,244 Kcal/kg °C), a +333°K, (+ 60 °C).

En la práctica puede suponerse igual a **0,2791 W/kg °K.**, (0,24 Kcal/kg °C).

□ **Entalpía del aire seco:** Se toma normalmente como valor cero de la entalpía del aire, el que correspondería a una temperatura de 273 °K (0 °C), y una presión de 760 mm. de Hg. Por lo tanto, la entalpía de un kg. de aire seco a la temperatura t se expresará con la fórmula:

$$i_a = C_{pa} \times t$$

$$C_{pa} = 0,2791 \text{ W/kg } ^\circ\text{K}. \quad (C_{pa} = 0,24 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C})$$

i_a , es la entalpía del aire seco en W/kg (Kcal/kg)
 t es la temperatura de bulbo seco en °K (°C)

II.8 PROPIEDADES DEL VAPOR DE AGUA

El aire húmedo contiene una cierta cantidad de vapor de agua, normalmente en estado de vapor sobrecalentado, a baja presión parcial y baja temperatura. A continuación estudiaremos las propiedades de este componente de la mezcla.

□ **Volumen específico del vapor de agua:** En el campo del acondicionamiento del aire puede considerarse válida la ecuación de los gases perfectos, también para el vapor de agua, al ser su presión baja con relación a su presión crítica, y por lo tanto:

$$V_v = \frac{R_v \times T}{p_v}$$

V_v = volumen específico del vapor de agua en $[\text{m}^3/\text{kg}]$

T = temperatura absoluta en $[\text{°K}]$ o $[\text{°C}]$

p_v = presión del vapor de agua en $[\text{kg}/\text{m}^2]$

R_v = constante de los gases que para el vapor de agua tiene el valor de 47,1 $\text{m}^3/\text{°K}$.

□ **Calor específico del vapor de agua:** Basándose en datos obtenidos experimentalmente, y en lo que se refiere al campo del aire acondicionado, se ha adoptado como calor específico del vapor de agua el valor constante de:

$$C_{pv} = 0,535 \text{ W/kg } ^\circ\text{K} \quad (0,46 \text{ Kcal / kg } \times ^\circ\text{C})$$

□ **Entalpía del vapor de agua:** Tomando como origen de entalpías, (valor cero de la misma), el correspondiente al líquido saturado a 273 °K (0 °C), resulta que para el cálculo de las instalaciones de aire acondicionado la entalpía del vapor saturado o sobrecalentado a la temperatura t , puede expresarse con bastante aproximación por medio de la relación:

$$i_v = 691.985 + 0.535 t \quad [\text{W/kg}]$$

$$i_v = 595 + 0.46 t \quad [\text{Kcal/kg}]$$

II.9 TRANSMISIÓN DEL CALOR

Conocer los fundamentos de la transmisión del calor nos permitirá determinar las pérdidas o ganancias que se producen en el local que acondicionaremos. Entre el interior y el exterior de un local acondicionado existe una diferencia de temperatura y humedad. Desde el interior del local se cederá o absorberá calor según sea su temperatura interior, menor o mayor que la exterior.

De acuerdo con el segundo principio de la termodinámica enunciado por Clausius, el calor fluye espontáneamente, siempre de una fuente de mayor temperatura a una de menor temperatura, hasta que las mismas, se igualan.

Existe por lo tanto un flujo de calor desde los puntos de mayor a los de menor temperatura, según sea la temperatura interior respecto a la exterior diremos que tenemos pérdidas o ganancias de calor en el local.

En la técnica de las instalaciones de acondicionamiento del aire, es fundamental definir y cuantificar el proceso de transmisión del calor que se produce entre el interior y exterior de los locales a acondicionar.

Para ello distinguiremos tres formas físicas claramente definidas que son:

- **CONVECCIÓN**
- **CONDUCCIÓN**
- **RADIACIÓN**

□ **Transmisión de calor por convección:** Es el paso del calor de un punto a otro dentro de la masa de un fluido, transportada por el movimiento de las moléculas del mismo, movimiento que se debe a las variaciones de densidad del fluido que recibe una cantidad de calor.

Si consideramos una pared que está caliente y que una de sus caras está al exterior y el aire se encuentra a una temperatura más baja, existe en el contacto entre el cuerpo y el fluido una película laminar.

El espesor de la película laminar no está bien definido y varía con el grado de turbulencia del fluido adyacente, en este caso con la velocidad y dirección del aire.

Por otra parte la pared emite calor por radiación por lo que el cálculo preciso de la transmisión de calor por convección es muy complejo.

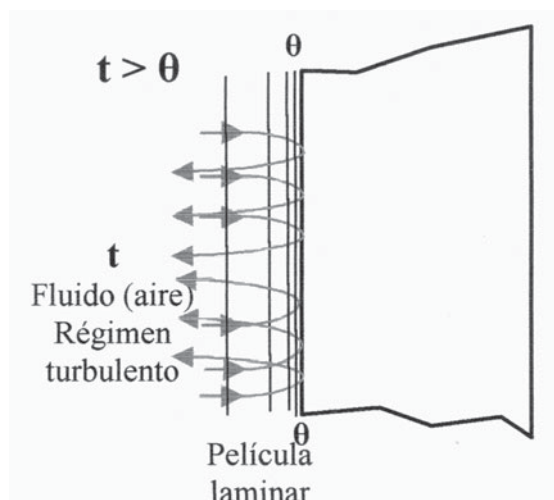
Por ello se utilizan coeficientes empíricos avalados por la experiencia, que comprenden el efecto conjunto de convección y radiación, denominado coeficiente superficial pelicular o de paso de calor α .

Se puede decir que la cantidad de calor que se transmite está dada por:

Fórmula $Q = \alpha \times S \times (t - \theta)$

Unidades $[Kcal./h] = [(Kcal/h \text{ m } ^\circ C) / m] [m^2] [^\circ C]$
 $[W] = [W / m^2 \text{ } ^\circ K] [m^2] [K]$

Simbología Q = Cantidad de calor que se trasmite por convección y radiación por hora.
 α = Coeficiente pelicular superficial del calor
 S = Área de la pared considerada
 $(t - \alpha)$ = Diferencia de temperatura entre el fluido y el cuerpo que se encuentra en contacto con él.



Puede definirse al coeficiente pelicular α , como la cantidad de calor que se transfiere por hora, por unidad de superficie de pared y por grado kelvin de diferencia de temperatura entre la pared y el fluido.

Si el fluido se mueve por un ventilador o una bomba, el proceso se denomina **convección forzada**, en cambio si esa transferencia se realiza naturalmente por diferencia de densidades se lo denomina convección natural.

□ **Transmisión de calor por conducción:** La transmisión del calor por conducción se produce de molécula a molécula en el interior del cuerpo, en el sentido decreciente de las temperaturas, sin producirse ningún desplazamiento molecular.

Hay materiales que conducen el calor a mayor velocidad, dependiendo de la conductividad de cada material. Por ejemplo los metales son mucho más conductivos, que los materiales que se usan comúnmente en la construcción.

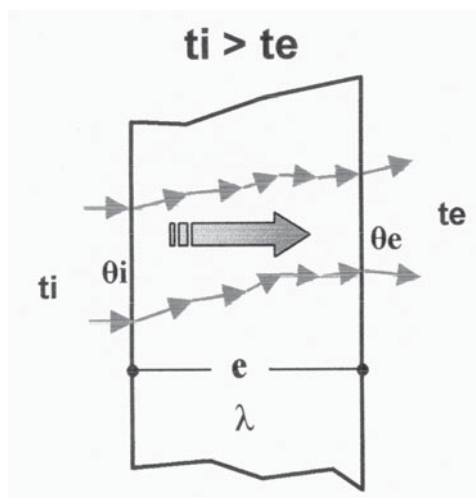
La transmisión del calor por conducción puede establecerse a través de un coeficiente λ de conductibilidad térmica, que es un coeficiente determinado para cada elemento en particular.

Si suponemos una pared plana de constitución homogénea la cual es atravesada por una cantidad de calor constante en el tiempo, régimen estacionario, que mantiene en forma invariable los valores de temperaturas superficiales θ_i y θ_e , y suponemos que todo el calor la atraviesa sin que ésta de por sí absorba calor, se puede decir que la cantidad de calor que atraviesa la pared vale

Fórmula $Q = (\lambda / e) \times S \times (\theta_i - \theta_e)$

Unidades $[Kcal/h] = [(Kcal/h \cdot m \cdot ^\circ C) / m] [m^2] [^\circ C]$
 $[W] = [(W / m \cdot ^\circ K) / m] [m^2] [^\circ K]$

Simbología Q = Cantidad de calor que transmite por conducción por hora.
 λ = Coeficiente de conductibilidad térmica
 e = Espesor de la pared considerada homogénea
 $\theta_i - \theta_e$ = Salto térmico entre las superficies de la pared considerada



Puede definirse el coeficiente de conductibilidad térmica (λ), como la cantidad de calor que pasa a través de un material homogéneo por hora, por un metro de espesor y cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de un grado Kelvin. Se admite para los fines prácticos que λ es constante, de manera que la temperatura de la pared varía linealmente en dirección del flujo de calor, a la relación $(t_i - t_e)$ se la denomina gradiente térmico.

A la inversa del coeficiente de conductibilidad térmica $1/\lambda$ se lo denomina resistencia a la conductibilidad térmica.

❑ **Transmisión de calor por radiación:** La forma de transmisión de calor se produce de un cuerpo a otro sin que exista un contacto directo con el otro cuerpo en forma de energía radiante.

La transferencia se realiza igual que la radiación de la luz en forma de ondas electromagnéticas, sin la necesidad de fluido alguno, es decir, sin el contacto molecular como en los casos anteriores.

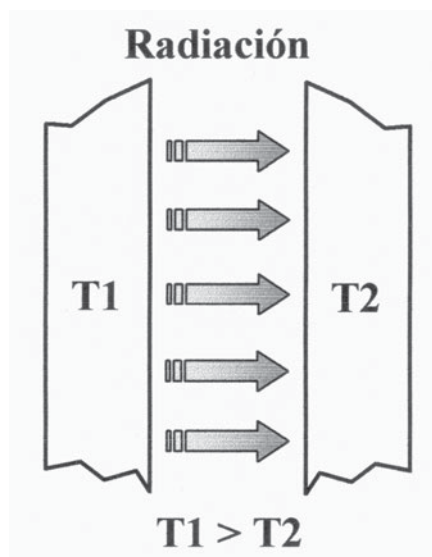
Un cuerpo caliente transforma parte de su contenido de calor en energía de radiación, emitiéndola en formas de ondas en todas las direcciones en sentido radial, ondas que son absorbidas por otros cuerpos, las cuales se manifiestan en forma de calor sensible.

La cantidad de calor irradiado por un cuerpo a otro puede expresarse por:

Formula $Q = Cr \times S \times [(T_1/100)^2 - (T_2/100)^2]$

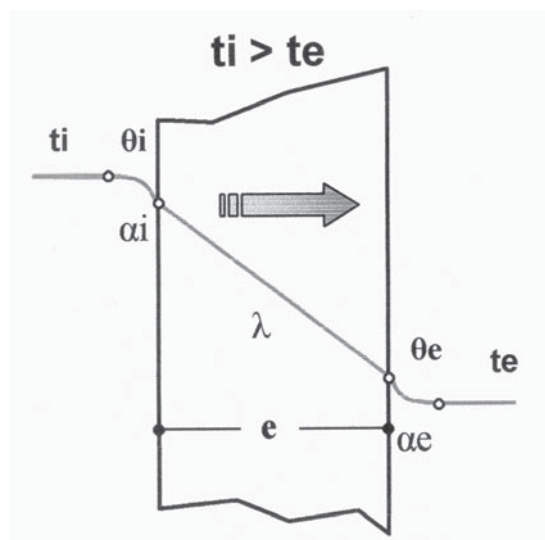
Unidades $[W] = [W / h \ m^2 \ K^4] [m^2] [K^4]$

Simbología Q = Cantidad de calor, transmitida por radiación
 Cr = Coeficiente de radiación que se considera constante y que depende del tipo de superficie y forma de emisión.
 S = Área
 T_1, T_2 = Temperaturas absolutas de los dos cuerpos.



II.10 TRANSFERENCIA TOTAL DE CALOR A TRAVÉS DE UN MURO - COEFICIENTES

Si consideramos un muro que en una de sus caras se encuentra a una temperatura del aire mayor que la otra, se origina un flujo de calor desde la cara más caliente hacia la más fría, donde intervienen las tres formas de transmisión de calor enunciadas precedentemente, conducción, convección y radiación.



Si analizamos el proceso de transmisión de calor podemos determinar que:

1º etapa: Transmisión de calor desde el aire interior a la cara interna de la pared.

La transferencia se realiza por convección a través de la capa del aire de contacto y por radiación de los elementos más calientes hacia la pared considerada.

La cantidad de calor que se transmite es:

$$\begin{aligned}
 Q1 &= \alpha_i \times S \times (t_i - \theta_i) \\
 [\text{Kcal/h}] &= [\text{Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}] [\text{m}^2] [^\circ\text{C}] \\
 [\text{W}] &= [\text{W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}] [\text{m}^2] [^\circ\text{K}]
 \end{aligned}$$

$Q1$ = Cantidad de calor que se trasmite por convección y radiación por hora.

- α_i = Coeficiente pelicular interior superficial del calor
 S = Área de la pared considerada
 t_i = Temperatura del aire interior
 θ_i = Temperatura de la cara interna de la pared

2º etapa: transmisión de calor a través del cuerpo, se realiza por conducción.

La cantidad de calor que se transmite es:

$$\begin{aligned}
 Q2 &= (\lambda / e) \times S \times (\theta_i - \theta_e) \\
 [\text{Kcal/h}] &= [\text{Kcal/h m } ^\circ\text{C/m}] [\text{m}^2] [^\circ\text{C}] \\
 [\text{W}] &= [\text{Wm/m } ^\circ\text{K}] [\text{m}^2] [^\circ\text{K}]
 \end{aligned}$$

- $Q2$ = Cantidad de calor que transmite por conducción por hora.
 λ = Coeficiente de conductibilidad térmica
 e = Espesor de la pared, considerada homogénea.
 $(\theta_i - \theta_e)$ = Salto térmico entre las superficies de la pared considerada

3º etapa: transmisión de calor desde el interior, de la pared hacia el aire exterior.

La transferencia se realiza por convección a través de la capa del aire de contacto y por radiación de la pared considerada hacia los cuerpos más fríos que se encuentran en el exterior de la pared considerada. La cantidad de calor que se transmite es:

$$\begin{aligned}
 Q3 &= \alpha_e \times S \times (\theta_e - t_e) \\
 [\text{Kcal/h}] &= [\text{Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}] [\text{m}^2] [^\circ\text{C}] \\
 [\text{W}] &= [\text{W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}] [\text{m}^2] [^\circ\text{K}]
 \end{aligned}$$

- $Q3$ = Cantidad de calor que se trasmite por convección y radiación por hora.
 α_e = Coeficiente pelicular exterior superficial del calor
 S = Área de la pared considerada
 t_e = temperatura del aire exterior
 θ_e = temperatura de la cara externa de la pared

Si consideramos que el flujo de calor se realiza manteniendo el salto térmico constante en el tiempo, régimen estacionario, es decir, que todo el calor fluye sin ser absorbido por el aire ni la pared. Diremos entonces que:

$$Q = Q1 = Q2 = Q3$$

Además, podremos efectuar las siguientes consideraciones:

$$\begin{aligned}
 (Q / S) \times (1 / \alpha_i) &= (t_i - \theta_i) && \text{Convección interior} \\
 + \quad (Q / S) \times (e / \lambda) &= (\theta_i - \theta_e) && \text{Transmisión a través de la pared} \\
 (Q / S) \times (1 / \alpha_e) &= (\theta_e - t_e) && \text{Convección exterior} \\
 \hline
 (Q / S) \times ((1 / \alpha_i) + (e / \lambda) + (1 / \alpha_e)) &= (t_i - t_e)
 \end{aligned}$$

Despejando obtenemos

$$Q = [1 / (1 / \alpha_i) + (e / \lambda) + (1 / \alpha_e)] \times S \times (t_i - t_e)$$

A los fines prácticos diremos

$$Q = K \times S \times (t_i - t_e)$$

Entonces:

$$K = 1 / (1 / \alpha_i) + (e / \lambda) + (1 / \alpha_e)$$

Siendo:

K = Coeficiente total de transmisión de calor

$$\begin{array}{ll} \text{Unidades} & [\text{Kcal} / \text{h} \times \text{m}^2 \times ^\circ\text{C}] \\ & [\text{W} / \text{m}^2 \times ^\circ\text{K}] \end{array}$$

Coeficiente total de transmisión de calor -K: Se define como la cantidad de calor que se transmite en la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo, muro, tabique, vidrio, techos, etc., de un cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre las masas de aire que se encuentran a ambos lados del elemento es de un grado kelvin, o de un grado centígrado.

En la realidad los elementos que se estudian no son homogéneos sino que están formados por distintos componentes, que a los efectos prácticos cada uno de ellos se lo considera homogéneos, (revoques, barreras térmicas, mamposterías, etc.).

No se determina directamente el coeficiente K, sino que suele aplicarse su inversa a la cual denominamos resistencia térmica total y estará dada por la fórmula:

$$R_t = 1 / K = (1 / \alpha_i) + (e_1 / \lambda_1) + (e_2 / \lambda_2) + (e_3 / \lambda_3) + \dots + (1 / \alpha_e)$$

α_i, α_e = coeficientes peliculares

e_1, e_2, \dots, e_n = espesores de los distintos, materiales

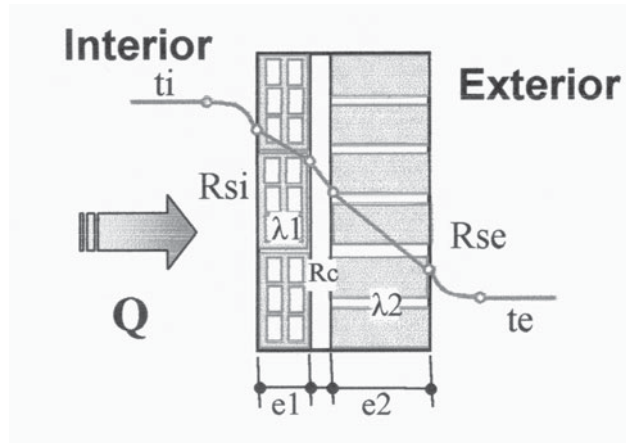
$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ = coeficientes de conductibilidad térmica

Por lo general se trabaja con la inversa de los coeficientes α , o sea, con las resistencias superficiales. En caso de que existan cámaras de aire, las tablas indican también su resistencia térmica, que se la denomina R_e .

En realidad salvo que ejecutemos construcciones especiales no calcularemos para cada elemento su resistencia térmica sino que por lo general, para muros de mampostería de ladrillos, vidrios, etc. estos estarán tabulados, para la Argentina la norma **IRAM 11.601** fija directamente los valores de K.

Ejemplo: Tenemos una pared compuesta, formada por un tabique de ladrillo hueco de 8 cm de espesor, una cámara de aire de 2 cm., y un tabique de ladrillo macizo de 11 cm. Calcular su resistencia térmica.

$$R_t = 1/K = R_{ai} + (e_1 / \lambda_1) + R_c + (e_2 / \lambda_2) + R_{ae}$$



De la norma IRAM 11.601 obtenemos

$$R_t = 0,12 + (1 / 2,68) + 0,18 + (0,11 / 0,81) + 0,03$$

$$R_t = 0,84 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} / \text{W}$$

$$K = 1,19 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

CAPITULO III

PSICROMETRÍA - EL DIAGRAMA DEL AIRE HÚMEDO

III.1 INTRODUCCIÓN

El **acondicionamiento del aire de un local** nos permite lograr condiciones ambientales satisfactorias para las personas que lo ocupan, consiguiendo así su **bienestar**.

El bienestar de las personas requiere que mantengamos el aire del local en condiciones adecuadas en cuanto a su calidad y los requerimientos higrotérmicos.

La calidad del aire dependerá de la pureza y la renovación necesaria de acuerdo con las exigencias de cada local en particular.

Los requerimientos higrotérmicos se corresponden con la temperatura y humedad que se requiera por proyecto para el interior del local. Para ello el aire del local deberá ser calentado, enfriado, humidificado o deshumidificado, según sean las condiciones del aire exterior.

Conocer las propiedades del aire nos permitirá comprender con mayor profundidad los temas que desarrollaremos mas adelante.

III.2 PSICROMETRÍA

Se llama atmósfera a la envoltura gaseosa que rodea la tierra. Se trata de una mezcla de gases, llamada aire, en la que se encuentran partículas en suspensión, (vapor de agua, polvo, sustancias contaminantes, etc.).

Para nuestro análisis la atmósfera en la que vivimos está constituida por una mezcla de aire seco y de vapor de agua.

“La Psicrometría es la ciencia que estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor, prestando atención especial a todo lo relacionado con las necesidades ambientales, humanas o tecnológicas.”

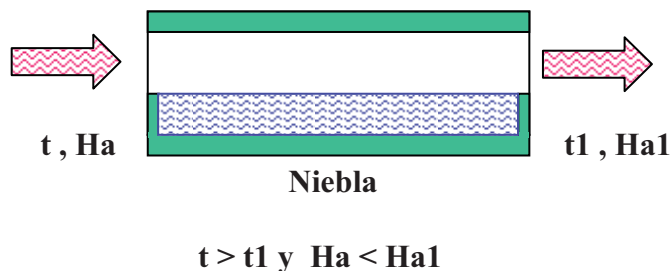
III.3 PROPIEDADES DEL AIRE

El aire seco actúa como una esponja. Es decir que absorbe humedad y en mayor medida cuando actúa caliente que cuando esta frío. El aire húmedo tiene cinco características variables que definen sus propiedades: Temperatura de bulbo seco, (TBS), temperatura de bulbo húmedo, (TBH), temperatura de rocío, (TR), humedad relativa, (HR) y humedad absoluta, (HA).

❑ **Temperatura de Bulbo Seco (TBS):** Se denomina TBS a la temperatura indicada en la escala de un termómetro común. Es la temperatura sensible. Indica el contenido de calor sensible del aire y no da ningún indicio del contenido de calor latente.

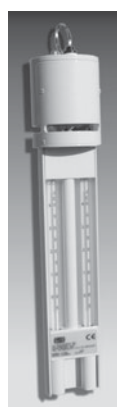
❑ **Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH):** Supongamos tener dentro de un conducto de aire, un recipiente abierto y de poca profundidad lleno de agua; si el conducto está bien aislado y hacemos pasar una corriente de aire a través de él, de modo que barra el espejo de agua, observamos:

El agua disminuirá su temperatura, primero rápidamente, luego a ritmo más lento y finalmente saldrá a una temperatura constante.

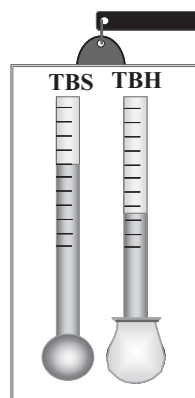


Análogamente, si se cubre el bulbo de un termómetro con una gasa húmeda y se la expone a una corriente de aire, el agua se enfriará hasta una cierta temperatura y luego continuará evaporándose a esa temperatura. Debido a esta evaporación del agua, la temperatura del aire en contacto con la gasa descende, pues cede el calor necesario para la evaporación, calor latente de vaporización.

De esta manera medimos la temperatura del agua que se evapora y como esta temperatura depende de las condiciones del aire que circula por el bulbo, se la denomina TBH.



Psicrómetro de revoleo



Psicrómetro Digital

□ **Humedad Específica o Absoluta (H_a):** Es la cantidad en peso de agua contenida en una mezcla de aire húmedo, referido a 1 Kg. de aire seco, la humedad absoluta se expresa en gr de agua/Kg. de aire seco.

□ **Humedad Relativa (HR):** Es una medida de grado de saturación del aire a cualquier temperatura dada, se expresa en por ciento (%) de saturación. El aire saturado tiene 100 % HR y el aire perfectamente seco 0 % HR.

La HR se define como la relación que existe, expresada en por ciento (%), entre la presión parcial del vapor de agua de la mezcla y la presión de saturación de dicho vapor correspondiente a la temperatura de bulbo seco de la mezcla:

$$HR = \frac{p_v \times 100}{p_{vs}} \quad \text{TBs: Constante.}$$

p_v = presión parcial del vapor de la mezcla en Kg /m²

p_{vs} = presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de bulbo seco de la mezcla en Kg/m².

La HR también puede definirse como la relación entre las densidades, en forma análoga a la anterior.

□ **Volumen Específico (Ve):** Son los metros cúbicos (m³) de aire húmedo correspondientes a 1 Kg de aire seco.

$$Ve = \frac{m^3 \text{ Aire Húmedo } [m^3 / Kg]}{Kg. \text{ Aire Seco}}$$

□ **Aire Saturado:** La expresión "Aire Saturado", empleada normalmente no es correcta, en realidad, el saturado es el vapor de agua. Esta expresión quiere dar a entender que cuando la presión parcial del vapor en la mezcla es igual a la presión de saturación correspondiente a la temperatura de la mezcla, si se aumentase la proporción del vapor, se llega a la condensación o niebla. Pero si el vapor presente en el aire está sobrecalentado se puede añadir más vapor hasta llegar a su saturación.

□ **Punto de Rocío (PR):** Es la mínima temperatura a la que puede estar una mezcla aire - vapor de agua, aire con una determinada HR, por debajo de esta temperatura el vapor de agua contenido en el aire comienza a condensar.

En el PR, el valor de HR es 100 % y el vapor de agua está saturado. La temperatura de PR es la temperatura de saturación correspondiente a la presión parcial del vapor de agua de la mezcla.

III.4 DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

La representación gráfica de las propiedades físicas de una mezcla de aire húmedo se conoce como diagrama psicrométrico.

Los diagramas normalmente disponibles se refieren a una presión normal de 760 mm de mercurio y a un Kilogramo de aire seco con un contenido variable de vapor de agua.

El diagrama nos permite conociendo dos propiedades de la mezcla aire-vapor considerada conocer las restantes, por ejemplo con la temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo, medidos a través de un psicrómetro, yendo al diagrama podemos obtener las restantes propiedades, entalpía, volumen específico, humedad absoluta, humedad relativa.

Construcción del diagrama psicométrico:

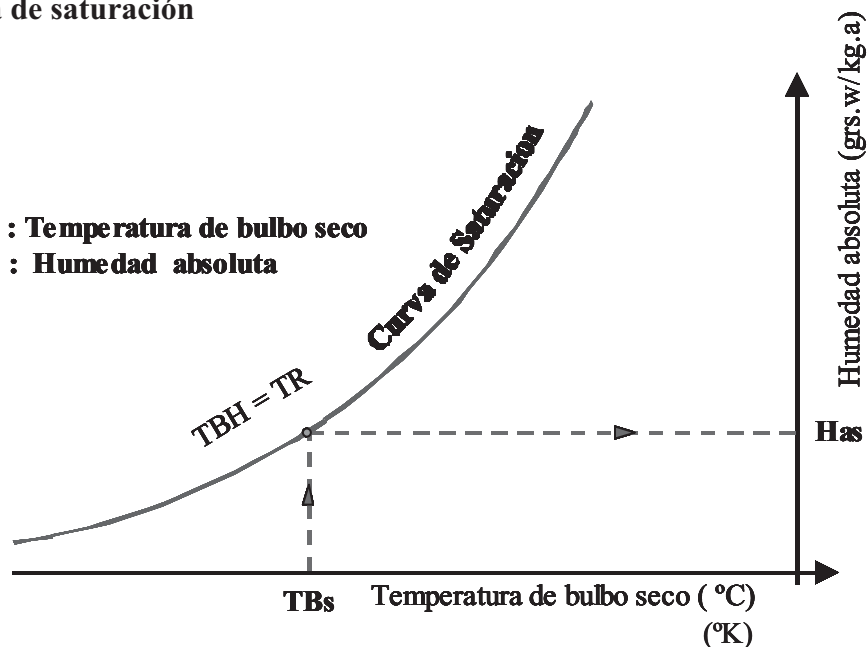
Representaremos sobre el eje de las abscisas las temperaturas de bulbo seco (en °C o °K) y sobre el eje de ordenadas la humedad específica, (en Kg. de vapor de agua por Kg. de aire seco).

Las diferentes curvas se trazarán de la siguiente manera:

□ Curva de saturación

TBs : Temperatura de bulbo seco

Ha : Humedad absoluta



La curva de saturación, que limita superiormente al diagrama psicrométrico, se traza recurriendo a la siguiente fórmula:

$$Ha_s = 0,622 \times (p_{vs} / (p - p_{vs}))$$

p_v = presión parcial del vapor de la mezcla en Kg./m²

p_{vs} = presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de bulbo seco de la mezcla en Kg/m².

□ **Líneas de humedad relativa constante:** Para cada valor de la temperatura de bulbo seco TBS, se determinará la presión de saturación correspondiente p_{vs} , y luego con la fórmula obtendremos la humedad específica de saturación Ha_s .

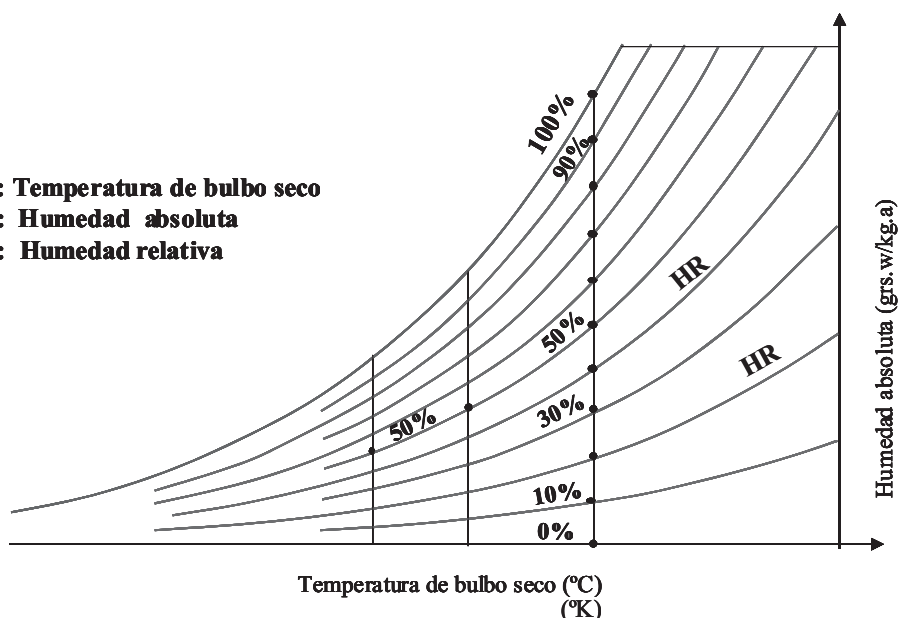
Pueden trazarse aplicando la fórmula:

$$HR = \frac{p_v \times 100}{p_{vs}} \quad \text{TBs : constante.}$$

TBs : Temperatura de bulbo seco

Ha : Humedad absoluta

HR : Humedad relativa



Por definición de humedad relativa la presión parcial del vapor de agua con el 50 % de humedad relativa será precisamente el 50 % del valor de la presión de saturación. Es decir para una temperatura de bulbo seco constante, la ordenada que le corresponde al 100 % la dividimos en segmentos proporcionales obteniendo valores que corresponden a curvas de humedad relativas distintas desde el 0 % correspondiente al aire seco, (será coincidente con el eje de las abscisas), al 100 % correspondiente al aire saturado, (curva de saturación), aplicando el mismo criterio para distintas temperaturas tendremos puntos, si unimos los puntos proporcionales al 50 % obtenemos la curva de humedad relativa del 50 %, de modo análogo para las demás curvas.

□ **Líneas de temperatura de bulbo húmedo constante:** Estas líneas, ligeramente curvas, se obtienen por puntos aplicando la ecuación:

$$C_{pa} \times TBH = H_a \times (i_v - i_{s_l}) - H_{as} \times (i_{s_v} - i_{s_l}) + C_{pa} \times TBS$$

C_{pa} = Calor específico del aire

i_v = entalpía del vapor

i_{s_v} = entalpía saturada de vapor

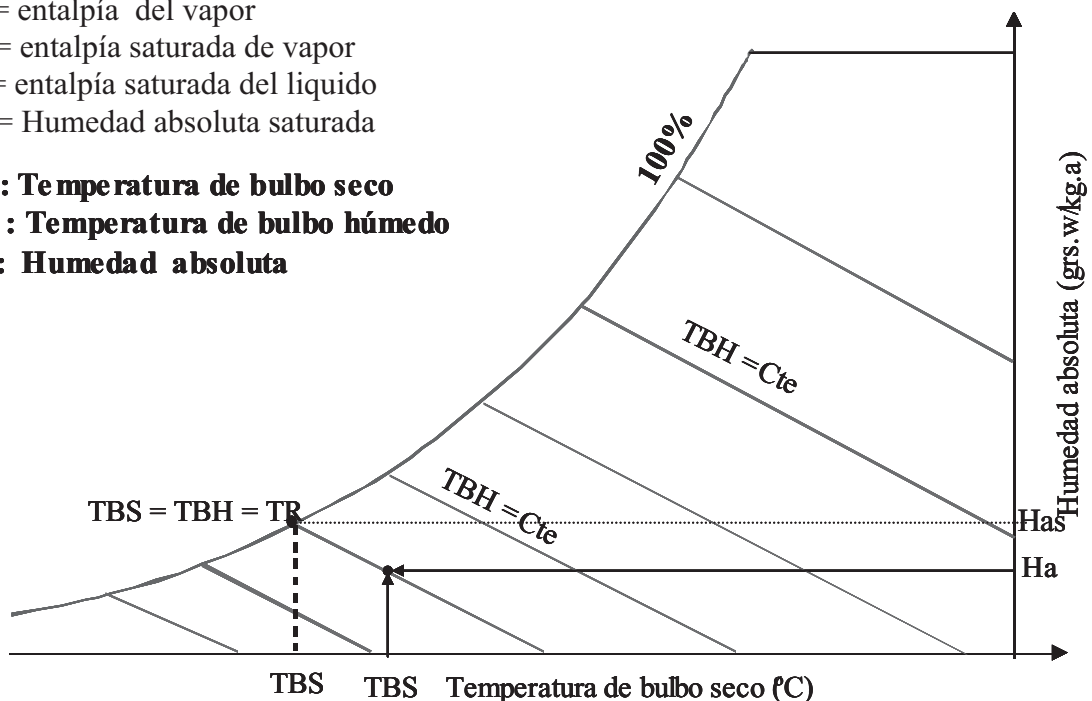
i_{s_l} = entalpía saturada del líquido

H_{as} = Humedad absoluta saturada

TBS : Temperatura de bulbo seco

TBH : Temperatura de bulbo húmedo

H_a : Humedad absoluta



Fijado un valor de la temperatura del bulbo húmedo TBH, para cada valor de TBS, naturalmente superior a TBH, se determina de acuerdo con la ecuación, el correspondiente valor de H_a .

La intersección de las rectas horizontales y verticales correspondientes, respectivamente, a la humedad específica H_a calculada, y a la temperatura TBS considerada, nos determinan un punto de la línea $TBH = cte$. Repitiendo el proceso para otros valores de TBS manteniendo siempre constante TBH, obtenemos las líneas de temperatura de bulbo húmedo constante, que como ya se ha dicho, son ligeramente curvas.

□ **Líneas de volumen específico constante:** A lo largo de cada una de estas líneas es constante el volumen de la mezcla aire-vapor, expresado en m^3 por Kg. de aire seco.

Fijado un valor numérico de V_e y para una p_a igual a la presión atmosférica, ausencia de humedad, de la ecuación:

$$p_a \times V_e = R_a \times TBS$$

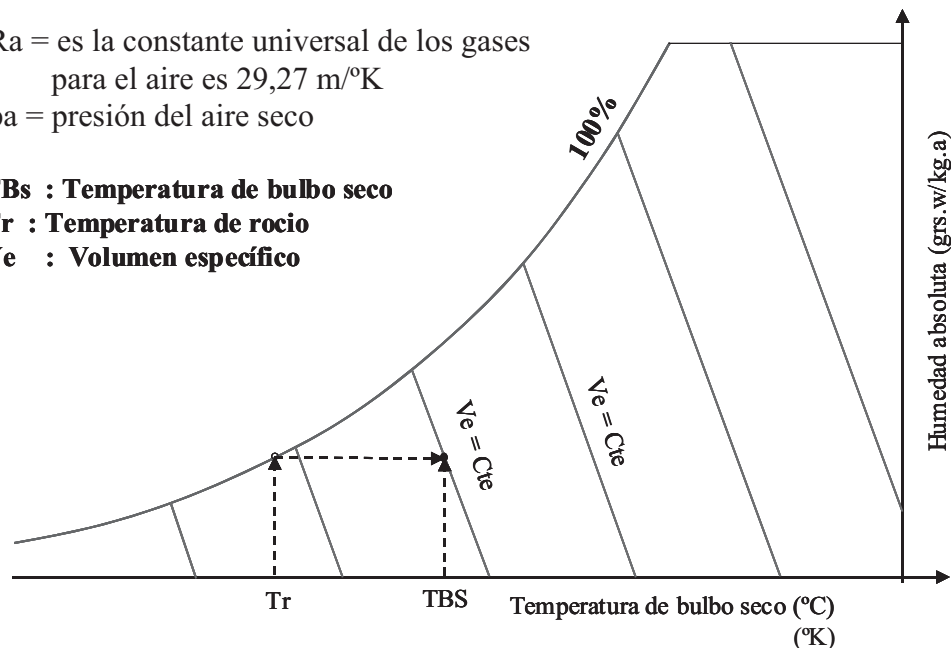
Obtendremos el valor de TBS, llevado sobre el eje de las abscisas, identifica sobre dicho eje el origen de la línea $V_e = \text{cte}$.

R_a = es la constante universal de los gases
para el aire es $29,27 \text{ m}^3/\text{°K}$
 p_a = presión del aire seco

TBS : Temperatura de bulbo seco

Tr : Temperatura de rocío

Ve : Volumen específico



Se elige luego, arbitrariamente, un valor de la temperatura de rocío Tr , y se determina con ayuda de las tablas del vapor saturado la correspondiente presión del vapor. Utilizando la ley de Dalton

$$p = p_a + p_v$$

p = presión atmosférica

p_a = presión parcial del aire seco

p_v = presión parcial del vapor de agua

Obtendremos la presión parcial del aire p .

De la ecuación:

$$V_e = R_a \times TBS / (p - p_v)$$

Puede deducirse el valor de la TBS correspondiente a un volumen específico constante V_e .

Si llamamos TBS a la temperatura calculada como se ha indicado, expresada en $^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{K}$, tendremos que la intersección de las rectas vertical y horizontal correspondientes, respectivamente, a TBS y al punto de rocío inicialmente supuesto, nos proporciona otro punto de la línea $V_e = \text{cte}$.

Repitiendo el procedimiento, manteniendo constante el valor de V_e , obtendremos la línea de volumen específico constante, que es ligeramente curva.

□ **Escala de las entalpías de saturación:** Se determinan a partir de la ecuación:

$$i_s = 0,24 TBS + H_{a_s} \times i_v$$

i_s = entalpía saturada

H_{a_s} = humedad específica

i_v = entalpía del vapor

La escala puede dibujarse perpendicularmente a las líneas de temperatura de bulbo húmedo constante oportunamente prolongadas.

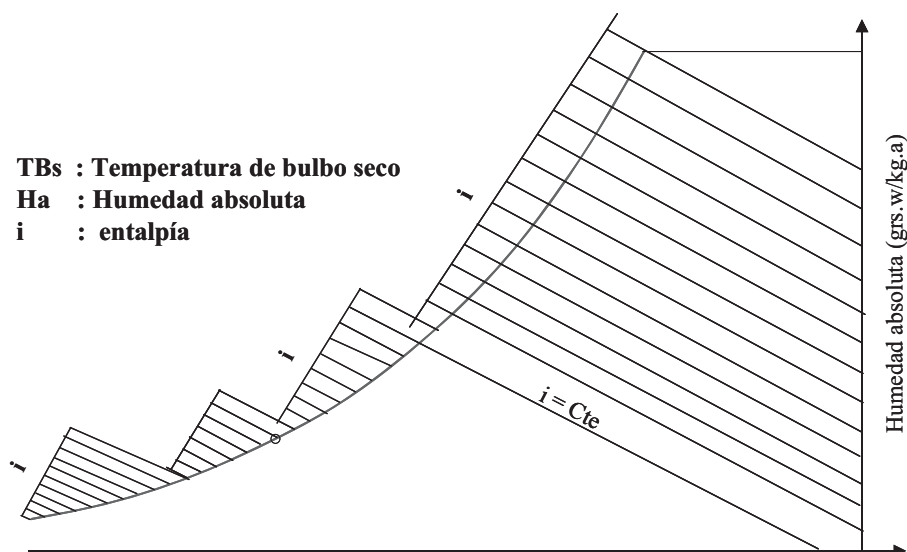
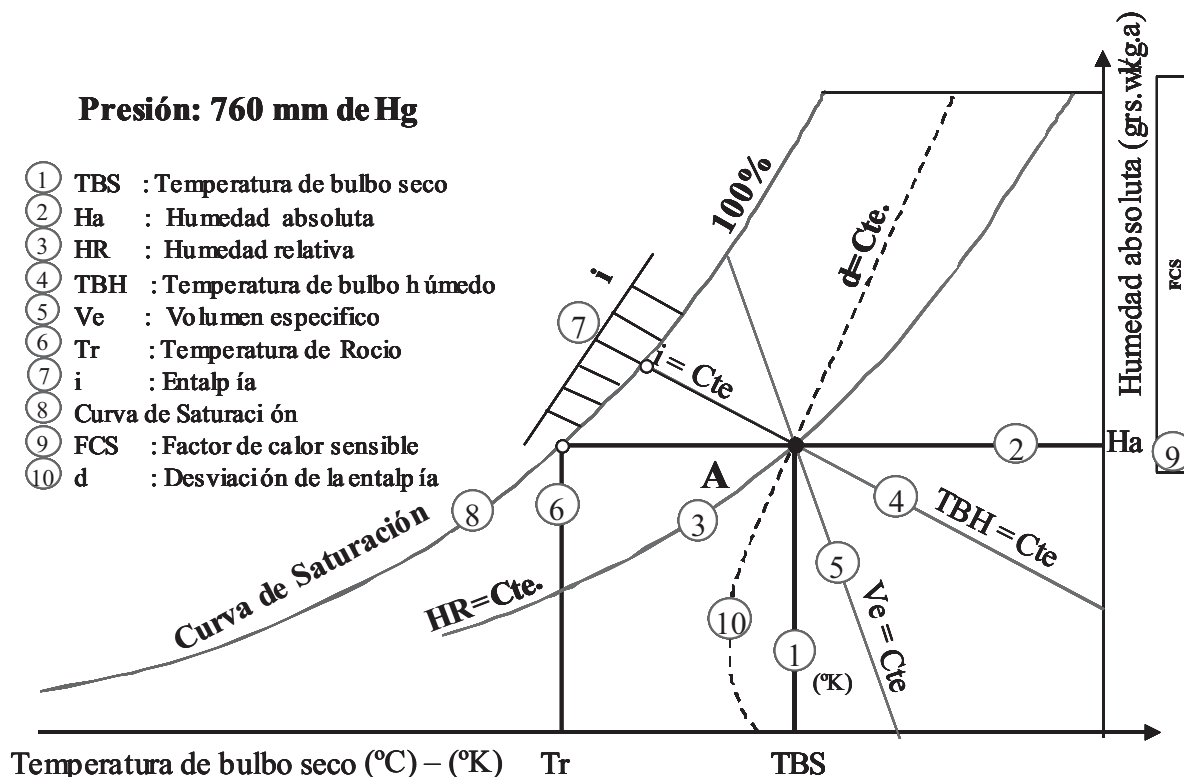


Diagrama psicrométrico Carrier: Para desarrollar el proceso de refrigeración del aire trabajaremos utilizando el diagrama psicrométrico Carrier.

Podemos representarlo esquemáticamente de la siguiente manera, las temperaturas de bulbo seco se encuentran sobre el eje de las abscisas mientras que las humedades específicas están sobre el eje de las ordenadas.

Si tomamos un punto A en el diagrama, las diferentes magnitudes relativas a la mezcla aire-vapor consideradas, pueden leerse como se indica en la figura:



El diagrama está referido a un Kg de aire seco, naturalmente con un contenido de vapor de agua variable, y para una presión de 760 mm de Hg.

Consideraciones: La entalpía del aire en el punto A es igual a la entalpía de saturación que se lee sobre la escala respectiva (7) a la que se sumará algebraicamente el valor de la desviación d indicado por la curva (10) que pasa por el punto A.

En los procesos psicométricos en los que se tenga un aumento o disminución de la humedad específica del aire, el calor añadido (+ q) o sustraído (-q), viene dado por la diferencia entre las entalpías final e inicial del mismo, de la que se restará la entalpía de la humedad (agua o hielo) añadida (+ i_l) o sustraída (- i_l). Por lo tanto, $\pm q = i_2 - i_1 (\pm i_l)$.

Cabe decir que la entalpía de la humedad añadida o sustraída durante un proceso psicométrico, y las desviaciones de la entalpía, son normalmente despreciadas en los cálculos en los que no se requieran resultados exactos lo que generalmente ocurre en los relativos al acondicionamiento de confort.

Por lo tanto, al emplear el diagrama Carrier, se tomará siempre como entalpía de la mezcla la correspondiente de saturación a temperatura de bulbo húmedo constante sin tener en cuenta las correcciones, despreciables, más arriba indicadas.

Dichas correcciones empiezan a ser de cierta importancia para temperaturas de bulbos húmedos del aire inferiores a los 0 °C.

El diagrama original Carrier proporciona asimismo los factores de corrección para cada una de las diversas variables, en el caso de que la presión barométrica no sea de 760 mm de Hg.

Se ha tomado como valor cero para la entalpía, el correspondiente a una temperatura de 0 °C (273°K) y una humedad relativa del 100 %.

□ **Escala de factor de calor sensible:** El factor de calor sensible (FCS) es la razón aritmética del calor total sensible al calor total, en que el calor total es la suma del calor sensible y el calor latente.

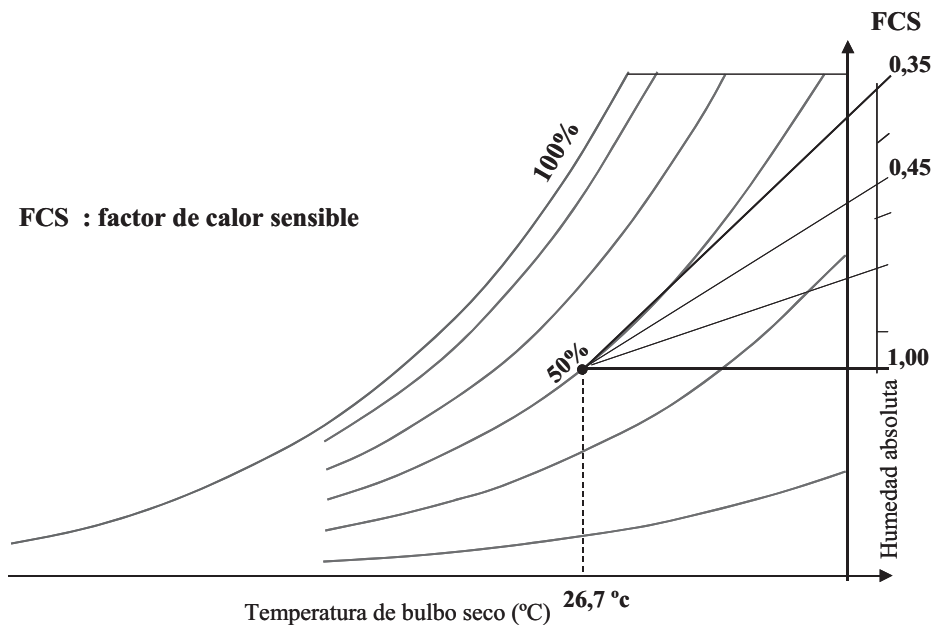
$$FCS = Q_s / (Q_s + Q_l)$$

Donde: FCS = factor de calor sensible

Q_s = calor sensible

Q_l = calor latente

Sobre el margen derecho del diagrama se encuentra la escala del "factor de calor sensible" FCS, relación entre calor sensible y total absorbidos o cedidos por el aire durante un proceso psicométrico. Si unimos los diferentes valores de esta escala auxiliar con el punto 299,7 °K (26,7 °C), 50 % HR, polo de la misma, obtendremos diferentes inclinaciones correspondientes a los diferentes factores de calor sensible.



El estado del aire impulsado en el local debe ser tal que compense simultáneamente las pérdidas o ganancias sensibles y latentes del local. Si debemos extraer o agregar solamente calor sensible al aire del local, la representación de la evolución en el diagrama psicrométrico corresponde a una línea horizontal. Si solamente se extrae o agrega calor latente, la representación de la evolución en el diagrama psicrométrico corresponde a una línea vertical. Estas situaciones no se dan en la práctica sino que tendremos que extraer o agregar en forma simultánea calor sensible y calor latente, la evolución se representa mediante una recta cuya pendiente está dada por el FCS.

Nunca conseguiremos un adecuado estado de bienestar sino inyectamos el aire tratado con el FCS que requiere el local en cuestión. Podemos decir entonces que si se extrae demasiado calor sensible, pero no demasiado calor latente, el aire se encontrará demasiado frío y además será excesivamente húmedo. Por otra parte si se extrae demasiado calor latente, pero no demasiado calor sensible, el aire se encuentra demasiado caliente y seco. Sin embargo en ambos casos utilizamos la misma potencia frigorífica que si la inyección del aire hubiera sido la adecuada.

III.5 OPERACIONES BÁSICAS EN AIRE ACONDICIONADO

Para acondicionar el aire recurriremos a una serie de operaciones -generalmente más de una-, cuyo objetivo será modificar las condiciones del aire, de forma tal que los ocupantes del recinto que se acondiciona tengan la sensación de bienestar buscada.

Estas operaciones pueden representarse como evoluciones en el diagrama psicrométrico, representando cada una de ellas la variación de sus parámetros, (temperatura, humedad, entalpía, etc.).

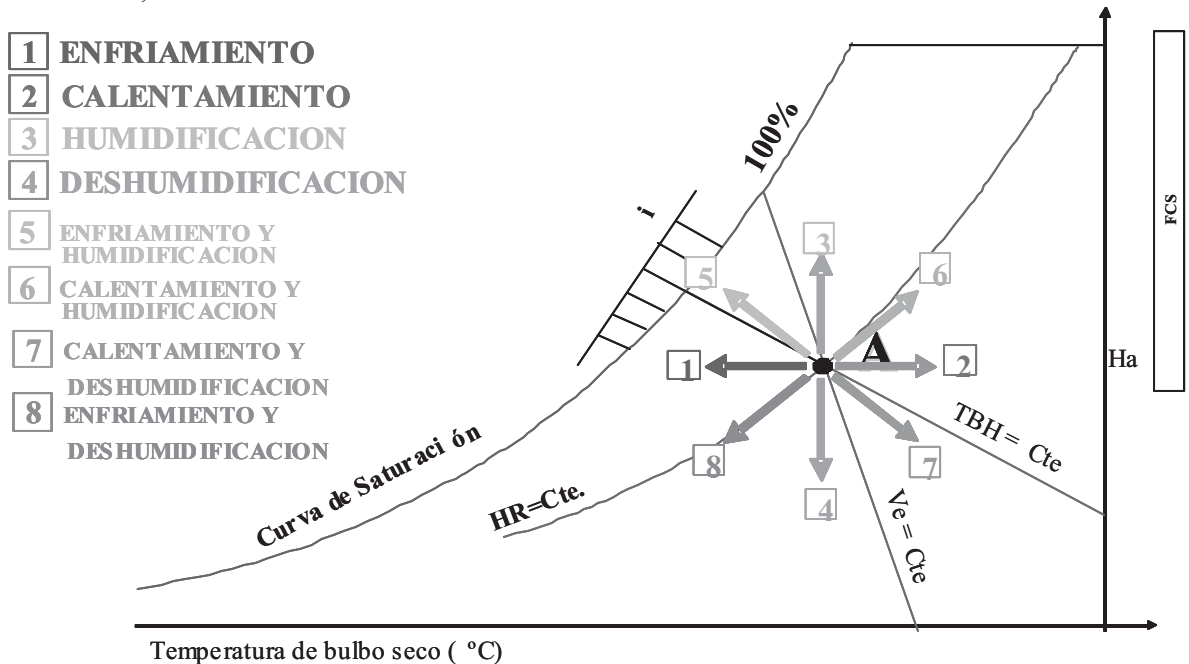
Estas evoluciones pueden ser:

- 1) Enfriamiento sensible
- 2) Calentamiento sensible
- 3) Humidificación
- 4) Deshumidificación
- 5) Enfriamiento sensible y humidificación
- 6) Calentamiento sensible y humidificación

- 7) Calentamiento sensible y deshumidificación
- 8) Enfriamiento sensible y deshumidificación

Para realizar cualquiera de estas evoluciones, deberán instalarse en los equipos de aire acondicionado dispositivos que provoquen el fenómeno en cada caso.

- 1) Enfriamiento sensible: por medio de serpentinas de expansión directa, (por la serpentina circula gas refrigerante), o de expansión indirecta, (por la serpentina circula agua fría).
- 2) Calentamiento sensible: Por medio de calefactores eléctricos o a gas, serpentinas de agua caliente o a vapor.
- 3) Humidificación: por medio de bateas humidificadoras, lavadoras de aire, etc.
- 4) Deshumidificación: por medio de secadores químicos, (sicagel), en la misma serpentina de enfriamiento, etc.



Las operaciones básicas más frecuentes en aire acondicionado son: mezcla de dos caudales, calentamiento sensible, enfriamiento sensible, humidificación y deshumidificación.

❑ **Mezcla de dos caudales de aire húmedo:** Es frecuente en aire acondicionado trabajar con una mezcla de dos caudales de aire distintos, se trata de mezclar dos corrientes de aire de distintas temperaturas y humedades, para conseguir aire que tenga unas propiedades intermedias. Trabajaremos con una mezcla formada por una parte de aire interior y el resto de aire exterior.

Las razones de la utilización en la mezcla del aire exterior son:

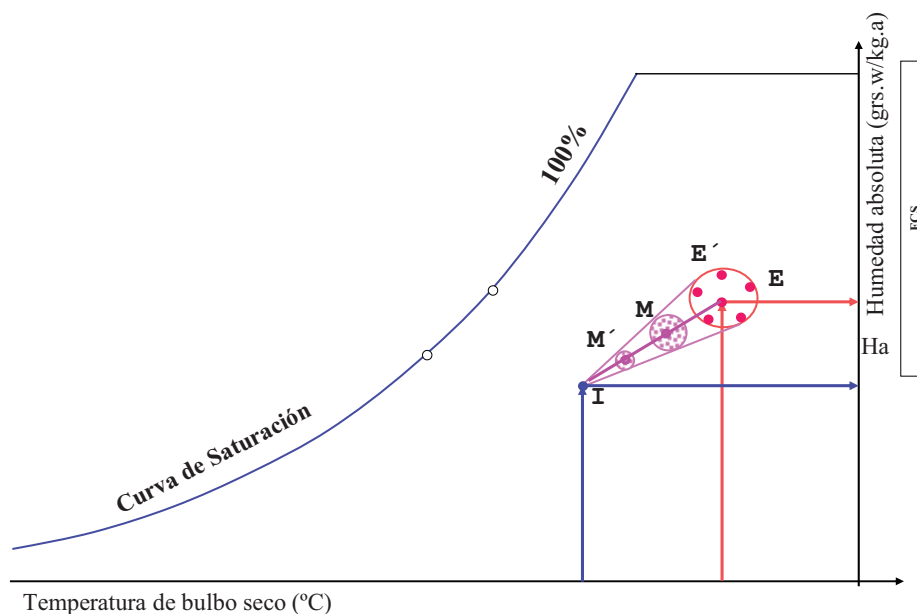
- a) Ventilar los locales, reponiendo el oxígeno consumido por los ocupantes del local.
- b) Generar dentro del local una sobrepresión que evite las infiltraciones a través de las hendiduras de las carpinterías.

Las razones de la utilización en la mezcla del aire interior son:

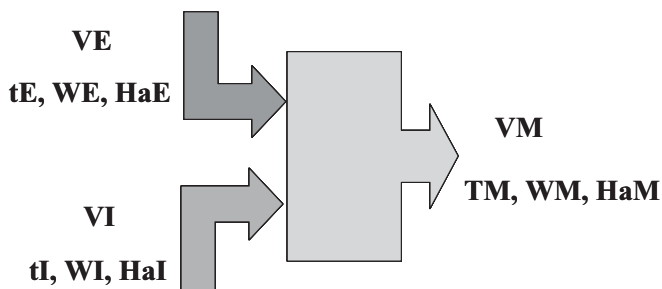
- a) Economía en la carga de refrigeración, al tratar aire en condiciones psicrométricas más cercanas a las interiores.
- b) Estabilizar el punto de arranque en el tratamiento del aire. Las condiciones exteriores no son fijas, dado que la temperatura y humedad varían a lo largo del día, encontrándose en un entorno a las supuestas en el proyecto. Si por cuestiones de proyecto tomamos solamente aire

exterior el equipo deberá ser capaz de absorber las variaciones de temperatura y humedad del aire a tratar durante su funcionamiento. Debiendo reaccionar en consecuencia para brindar las condiciones impuestas de proyecto. Cuanto mayor es el porcentaje de aire interior que utilizemos, más estables serán las condiciones de partida que deba tratar el equipo.

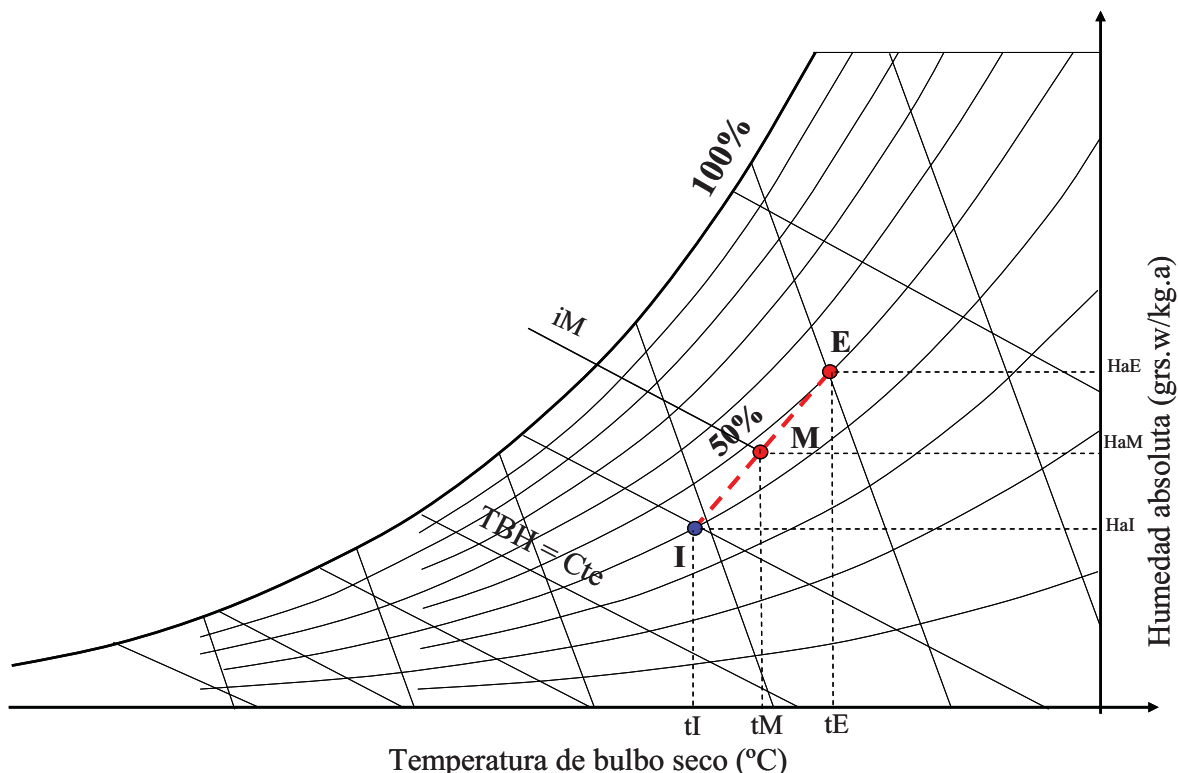
De la figura surge que si el ciclo se iniciara en **E**, la instalación comenzaría el tratamiento del aire desde distintos **E'**, debiendo en consecuencia reaccionar en forma distinta para cada ciclo. El punto **M** es mucho más estable ya que su entorno es menor, y más estable será cuanto mayor sea el porcentaje de aire interior que podamos adoptar, siempre respetando las exigencias de aire exterior que requiera el local.



En la práctica la operación de mezcla se lleva a cabo en un recinto al que llegan dos flujos de aire y sale un tercero mezcla de los dos anteriores.



Cada conjunto de propiedades representa un estado de aire húmedo que corresponde a un punto en el diagrama psicrométrico.



Hemos designado con (I) y (E) las corrientes que se mezclan, (en aire acondicionado sería aire interior y aire exterior respectivamente), y con (M) la corriente mezclada. El punto M está en la recta que une los puntos I y E con puede apreciarse en el diagrama. Para obtener sus propiedades debemos ubicarlo para ello conocemos:

$$VM = VE + VI$$

Podemos determinar t_M por la siguiente formula:

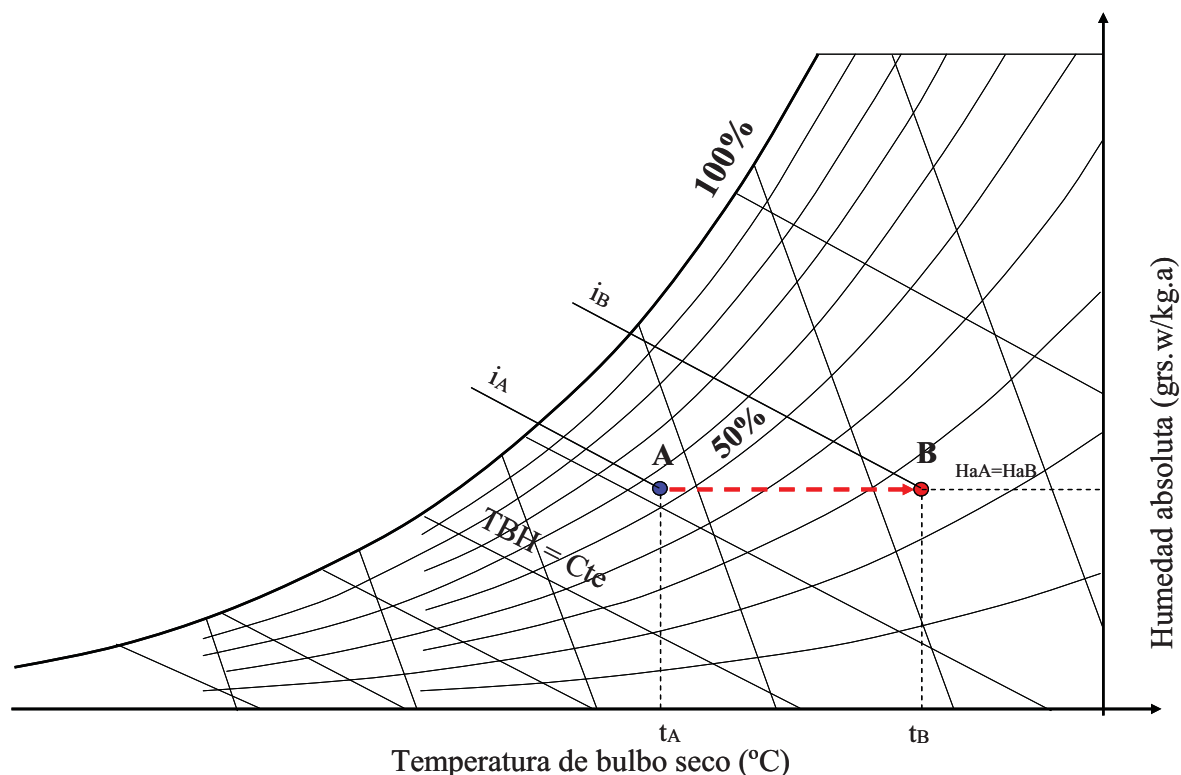
$$t_M = [VE \times (t_E - t_I) + t_I] / VM$$

El punto de mezcla M queda ubicado sobre la recta que une I y E con la intersección con la vertical del t_M . Determinamos las demás propiedades de la lectura sobre el diagrama.

También podemos definirlo gráficamente si llevamos sobre la recta de unión de los puntos I y E partir del punto E la distancia VI / VM o viceversa del punto I la proporción VE / VM .

□ **Calentamiento sensible:** Podemos en una operación sencilla calentar el aire hasta alcanzar la temperatura deseada sin modificar su humedad específica, es decir aumentamos su temperatura sin agregar ni quitarle vapor de agua. Operación que la podemos realizar a través de una batería de agua caliente, resistencias eléctricas o mediante calefactores a gas.

En el diagrama psicrométrico esta transformación viene representada mediante un segmento de recta horizontal



La transformación se desarrolla en el sentido **A → B**

El calor suministrado puede expresarse mediante la fórmula:

$$Q = W \times [0,24 \times (t_B - t_A) + 0,46 \times Ha \times (t_B - t_A)]$$

En donde:

- Q es la cantidad de calor suministrada en Kcal./hora.
- W es el caudal de aire tratado en Kg./hora.
- 0,24 es el calor específico del aire seco a presión constante en Kcal./Kg. °C
- 0,46 es el calor específico del vapor de agua en Kcal./Kg. °C
- Ha es la humedad específica del aire en Kg./Kg. de aire seco.

En la práctica el término: $0,46 Ha (t_B - t_A)$ se desprecia, dada su limitada influencia en el total:

$$Q = 0,24 W (t_B - t_A)$$

Idénticos resultados se obtendrán a partir del diagrama psicrométrico.

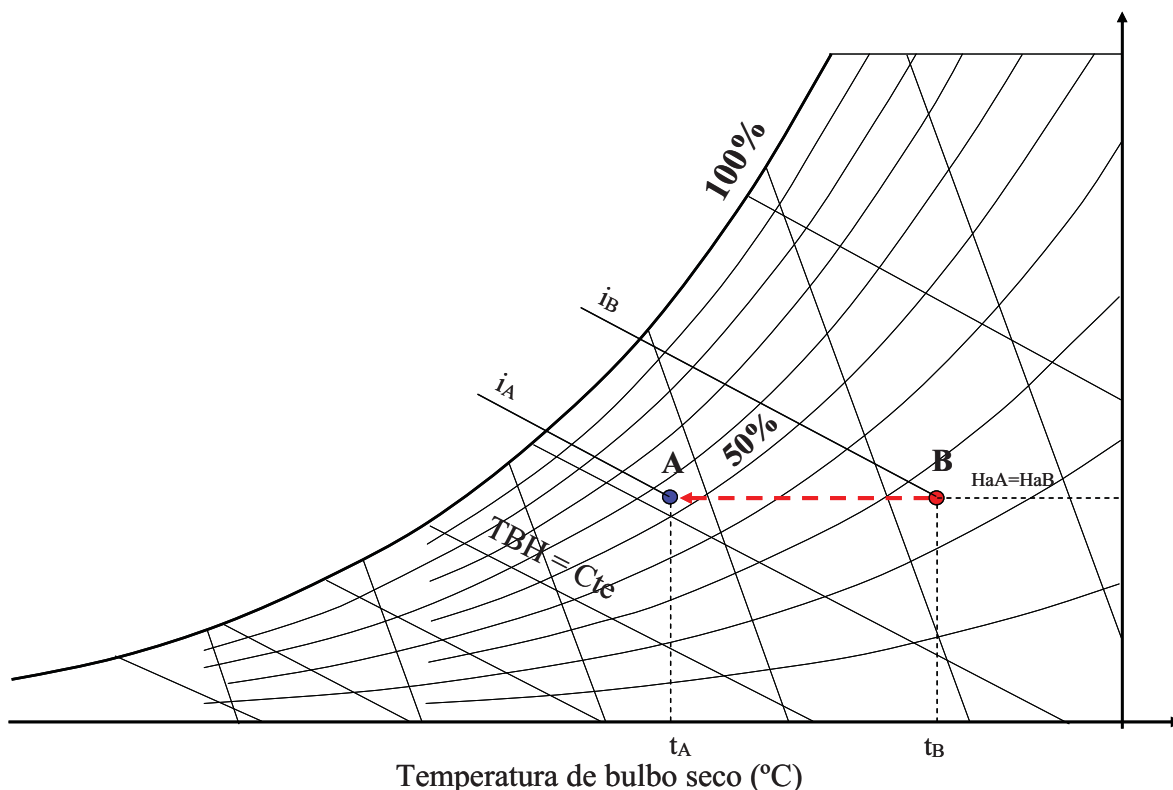
Siendo i_A, i_B las entalpías de los puntos A y B resulta:

$$Q = W (i_A - i_B)$$

□ **Enfriamiento sin deshumidificación (enfriamiento sensible):** En este proceso el aire sufrirá un enfriamiento con humedad específica constante. Este tipo de transformación se obtiene -por ejemplo- haciendo pasar el aire por una batería provista de aletas recorrida por un fluido cuya temperatura es superior, igual o poco inferior al punto de rocío del citado aire.

El enfriamiento sensible consiste entonces en enfriar el aire, sin que se produzca condensación del vapor de agua que contiene el mismo. Para ello es preciso que el enfriamiento llegue a una temperatura mayor que el punto de rocío.

Sobre el diagrama psicrométrico esta transformación viene representada por un segmento de recta horizontal.



La transformación se realiza, claro está, en el sentido $A \leftarrow B$

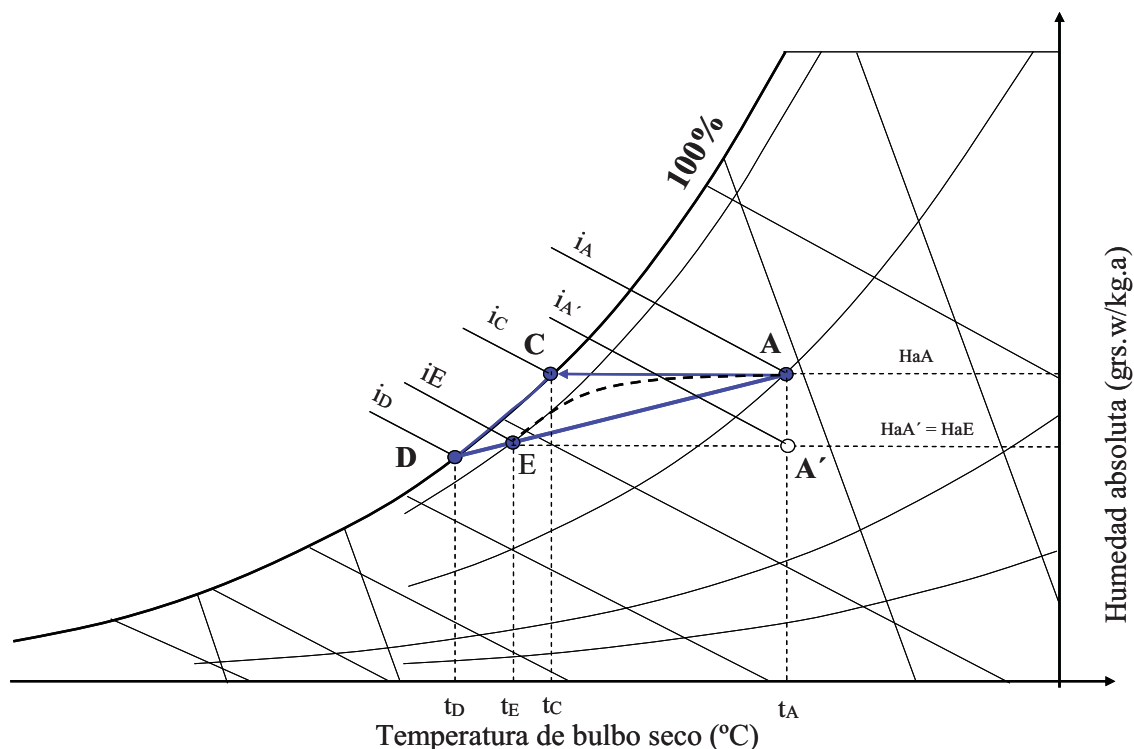
El calor sustraído del aire puede expresarse mediante una de las siguientes ecuaciones:

$$Q = W [0,24 (t_B - t_A) + 0,46 H_a (t_B - t_A)]$$

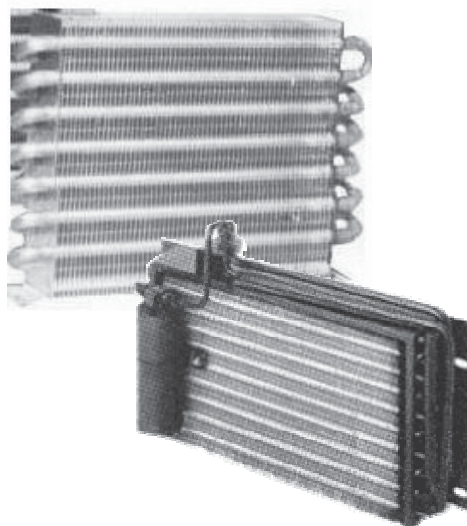
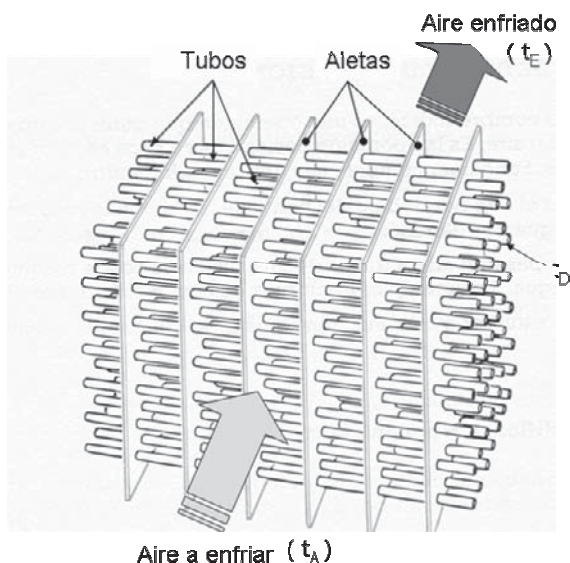
$$Q = W (i_A - i_B)$$

□ **Enfriamiento con deshumidificación:** El procedimiento consiste en enfriar el aire hasta una temperatura inferior a la del punto de rocío, es utilizado en las instalaciones de acondicionamiento de verano.

El proceso de enfriamiento con deshumidificación sobre el diagrama psicrométrico -en el caso de batería con aletas- estaría representado por la siguiente evolución:



En la práctica hacemos circular el aire a enfriar a través una batería de refrigeración, la misma esta constituida por un conjunto de tubos, dispuesto en forma de serpentina continua, unidos por aletas transversales, por su interior circula el refrigerante a una temperatura inferior a la del punto de rocío, o haciéndolo atravesar una red de toberas que pulvericen agua a temperatura inferior a la del citado punto de rocío.



Podemos hacer un análisis simplificado del proceso -con resultados suficientemente precisos en la práctica-, diremos que una parte del aire toma contacto con la superficie fría de los tubos y las aletas (t_D), y que dicha parte, sigue el recorrido ideal ACD en el diagrama, adquiriendo la temperatura media t_D de la superficie de la batería. De C a D tiene lugar la deshumidificación.

El resto del aire, atraviesa la batería sin tomar contacto con la superficie refrigerante y, por lo tanto, no sufre ninguna transformación. A la salida de la batería tendremos, pues, una mezcla de aire en las condiciones de D con un aire en las condiciones iniciales, es decir, de A. El punto E representará el estado final de la mezcla de aire. La fracción de aire que no entra en contacto con la batería refrigerante toma el nombre de "aire de by-pass" y el factor de by-pass es en consecuencia, definido como la relación que existe entre el peso del aire "by-pasado" y el peso total del aire que atraviesa la batería.

Resultando la relación:

$$f = (t_E - t_D) / (t_A - t_D) = (i_E - i_D) / (i_A - i_D) = (Ha_E - Ha_D) / (Ha_A - Ha_D)$$

El factor de by-pass tiende a disminuir cuando aumenta el número de filas de los serpentines.

Experimentalmente se ha determinado que el factor de by-pass para una batería constituida por tubos de 5/8", con aletas de 10,3 mm de altura distanciadas entre sí 3,17 mm, y para una velocidad frontal del aire 2,5 m/seg, puede ser expresado con bastante aproximación por la relación:

$$f = 0,67^n$$

Siendo n el número de filas de dicha batería.

Volviendo de nuevo al proceso, se puede asegurar que la transformación experimentada por el aire seguirá en la práctica, la línea de trazos A-E, con una mezcla continua de la parte del aire que ya ha "sufrido" el enfriamiento con la parte aún no tratada.

La temperatura del punto D, t_D , recibe el nombre de "punto de rocío del aparato" y representa la temperatura media de la superficie de la batería o bien las condiciones de salida del aire de la misma si el $f = 0$.

El calor total sustraído al aire en este proceso es decir, para llevarla de las condiciones A a las condiciones E viene dado por la fórmula:

$$Q_{tot} = W (i_A - i_E)$$

Siendo:

Q_{tot} el calor total sustraído expresado en Kcal. /hora

W el caudal de aire tratado en Kg /hora

i_A y i_E respectivamente, las entalpías inicial y final del proceso en Kcal. /Kg de aire seco.

Por otra parte, sabemos:

$$Q_{tot} = Q_S + Q_L$$

Donde:

Q_S , Q_L , son, respectivamente, los calores sensibles y latentes sustraídos al aire.

El enfriamiento y la deshumidificación sufrida por el aire desde A hasta E podemos representarla como una línea inclinada, la inclinación depende de la cantidad de calor sensible (Q_S) y el calor latente (Q_L) puestas en juego y se la llama pendiente del proceso, se la relaciona con el Factor de calor sensible (FCS).

$$FCS = Q_S / Q_{tot} = Q_S / (Q_S + Q_L)$$

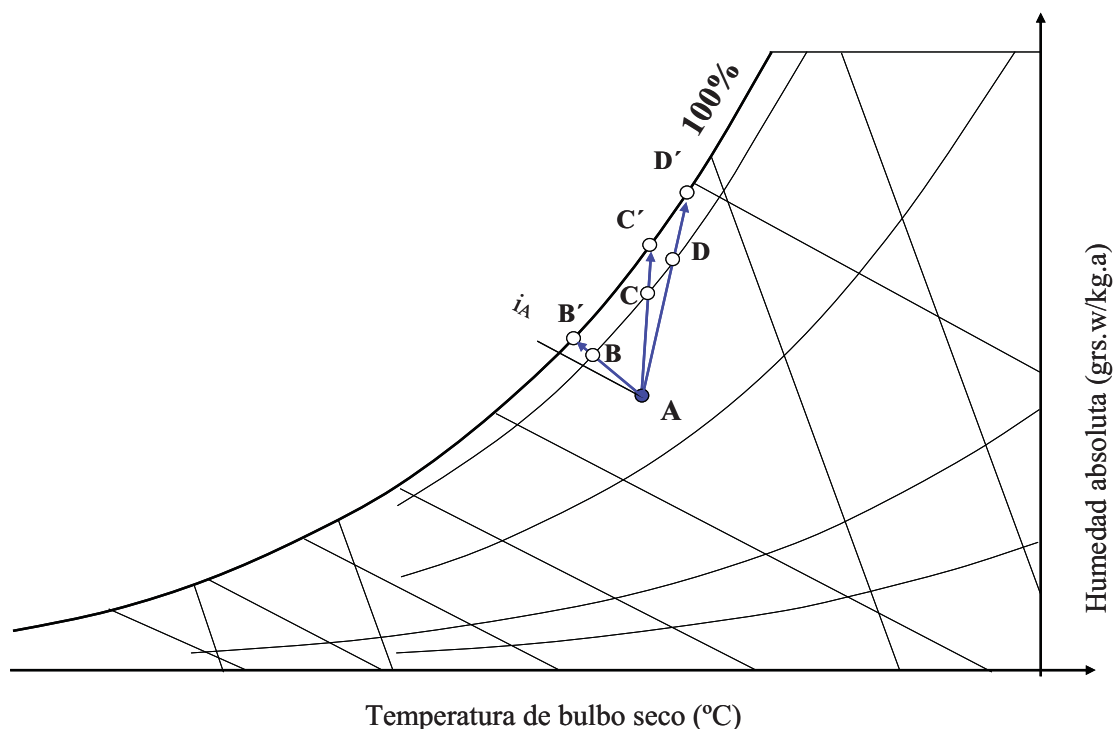
El aire inyectado en el local debe estar en un estado tal que pueda neutralizar el calor sensible y calor latente de los ambientes, existe un número infinito de condiciones del aire de inyección que cumplen con este requisito. Dichas condiciones se encuentran sobre una recta cuya pendiente esta dada por FCS.

El caudal del aire resultara mínimo si este es introducido en las condiciones E intersección de la línea de saturación con la recta de inclinación FCS que pase por A.

□ **Calentamiento con humidificación:** El aire puede ser calentado y humidificado simultáneamente si le hacemos pasar a través de un acondicionador con una red de toberas que pulvericen agua que ha sido calentada en un intercambiador agua-vapor o simplemente mediante una inyección directa de vapor.

Este proceso se caracteriza por un aumento de la entalpía y de la humedad específica del aire tratado, mientras que su temperatura de bulbo seco final puede ser menor, mayor o igual que la inicial, en función de las temperaturas, al comienzo del tratamiento, del aire y del agua y de sus respectivos caudales.

Si el caudal de agua pulverizada es grande respecto al del aire, éste saldrá casi saturado y a la temperatura del agua.



AB representa la transformación sufrida por el aire en el caso de que la temperatura del agua pulverizada sea inferior a la de bulbo seco del aire a la entrada.

AC y AD representan transformaciones análogas en el caso de que el agua pulverizada se encuentre, respectivamente, a temperatura igual o mayor que la de bulbo seco del aire a la entrada.

Como en el caso del proceso del enfriamiento adiabático el aire no saldrá saturado del acondicionador. La capacidad saturante del mismo puede ser expresada en los mismos términos que la eficiencia de la humidificación.

Este proceso puede ser también efectuado realizando una inyección directa de vapor en el aire o incluso haciéndole pasar a éste sobre una superficie de agua que se mantiene caliente por medio de unas serpentinas por las que circula vapor o agua a temperatura elevada.

En este caso el punto representativo del aire que ha sufrido el tratamiento puede determinarse sobre el diagrama psicrométrico, haciendo un balance de entalpías y de humedades específicas.

A la solución se llega en general mediante un proceso de aproximaciones sucesivas.

CAPITULO IV

SENSACION DE BIENESTAR – INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

IV.1 INTRODUCCIÓN

Dijimos en el capítulo anterior que el acondicionamiento del aire de un local nos permite lograr condiciones ambientales satisfactorias para las personas que lo ocupan, consiguiendo su **bienestar**.

Conseguir las condiciones ambientales satisfactorias implica conocer los factores ambientales que influyen sobre el bienestar del hombre.

El organismo humano genera continuamente una cierta cantidad de calor para mantener la temperatura del cuerpo, cuando esta emisión se produce sin molestias y fatiga se dice que el cuerpo está en equilibrio homeotérmico con el medio ambiente, obteniéndose la sensación de bienestar. Esta energía calórica es emitida al medio en dos formas calor sensible y calor latente. El calor sensible produce un aumento de temperatura del aire ambiente que rodea a nuestro cuerpo, y se disipa por conducción y radiación. Mientras que el calor latente es emitido por la exudación y la exhalación, en ambos casos se produce vapor de agua que viene a aumentar la cantidad de humedad en el ambiente.

Las dos formas de transmisión del calor del cuerpo al ambiente, sensible y latente, se compensan entre sí de tal manera que su suma permanece constante, con independencia de las condiciones ambiente que los rodea. Si la temperatura del aire ambiente baja, el calor cedido por convección, radiación y conducción aumenta, disminuyendo el calor cedido por evaporación.

El organismo humano altera la composición del aire de los ambientes en los que vive elevando el porcentaje de CO₂, disminuyendo el de O₂ emitiendo sustancias aromáticas, humo de tabaco y elevando la concentración de bacterias patógenas.

IV.2 CONFORT HOMEOTÉRMICO

Podemos definir el confort térmico como un estado de sensación de bienestar físico de las personas, con respecto a las condiciones homeotérmicas del medio ambiente que lo rodea.

Los factores que afectan a las condiciones de confort los podemos agrupar en:

a) Factores que dependen del individuo

b) Factores que dependen del medio ambiente

a) La cesión de calor, del cuerpo al ambiente se produce por:

- Radiación de la superficie de la piel y la vestimenta a las paredes y muebles del local.
- Conducción y convección de la superficie de la piel y de la vestimenta al aire del local.
- Evaporación del vapor de agua por, exudación de la piel.
- Respiración caliente y prácticamente saturada de humedad.



La suma del calor transmitida por radiación, conducción y convección se la denomina **calor sensible seco del cuerpo humano**.

La suma de calor transmitida por evaporación y respiración se la denomina **calor latente o húmedo del cuerpo humano**.

La suma de calor sensible y de calor latente permanece constante para distintas temperaturas, dependiendo su variación de la edad, la dimensión física, el sexo, la vestimenta y la actividad que desarrolla y de la velocidad del aire. Por ejemplo, si bajamos la temperatura del aire ambiente, el calor sensible aumenta, disminuyendo el calor latente en la misma proporción que aumento.

Se lograra confort térmico cuando la eliminación del calor sensible y latente del cuerpo humano se realice con el mínimo esfuerzo.

b) Los factores que determinan la sensación de confort de las personas en el interior de un local son básicamente los siguientes:

- Temperatura del aire. - Temperatura media de las superficies que rodean el local.
- Humedad relativa
- Velocidad del aire en la Zona de permanencia.
- Ventilación y purificación del aire.
- Ruido

Estos factores que influyen en el bienestar homeotérmico son los componentes del clima de un local.

Para la sensación de confort homeotérmico no hay valores absolutos, ya que con las mismas condiciones de clima de un local varía la sensación para cada individuo en particular.

Existen factores independientes del clima del local como ser el ritmo de trabajo, el grado de fatiga, edad sexo, vestimenta, estado de salud, etc. Influyen además costumbres, alimentación modos de vivir, etc.

▪ **Temperatura del medio ambiente:** Una sensación de frío o de calor excesivos no es satisfactoria. Por ello la temperatura en la zona de permanencia es relevante para que las personas se sientan confortables, dependiendo de la época del año. Ello se debe que el

metabolismo del cuerpo humano se adapta a las condiciones climáticas extremas.

Las temperaturas a adoptar dependerán de la época del año, la actividad que desarrolle el individuo dentro del local, como esta vestido, su sexo y hasta su peso corporal. En la práctica podemos adoptar para personas en actividad sedentaria o moderadas los siguientes valores:

Invierno (Vestimenta normal) 18 °C a 22 °C

Verano (Vestimenta liviana) 23 °C a 27 °C

- **Humedad relativa del aire:** Un ambiente demasiado seco produce sequedad de las mucosas, mientras que un ambiente excesivamente húmedo produce sensación de ahogo. Dijimos que mediante la exudación, evaporación a través de la piel, eliminábamos calor del cuerpo, la misma se vera favorecida si la humedad relativa baja y se retarda si es elevada. La humedad relativa debe estar entre el 30% y el 70%, considerándose como valor optimo en verano como en invierno el 50% de humedad relativa.

Si la humedad relativa disminuye por debajo del 30% se provoca un resecamiento de las mucosas respiratorias, y si se supera el 70%, se tiene una sensación de pesadez, se produce ahogo dificultándose la respiración.

- **Velocidad del aire – Circulación:** Velocidades excesivas de circulación del aire puede producir sensación de molestia, en cambio circulación lenta del aire puede producir una sensación de encierro. También la circulación del aire esta relacionada con la temperatura del local, debido a que un movimiento excesivo en verano puede dar una sensación de frescura pero si bajamos la temperatura del local se puede provocar molestias y efectos nocivos para la salud.

En general suele considerarse en zonas de permanencia de las personas una velocidad de inyección del aire tratado de alrededor de 5 a 8 m/min.

- **Ventilación y purificación del aire:** El ser humano produce al respirar anhídrido carbónico produciendo un enrarecimiento del aire, además este contiene polvo y agentes patógenos perjudiciales para la salud.

Por ello hay que renovar el aire y a su vez purificarlo tanto físico-químicamente como bacteriológicamente.

- **Ruido:** La instalación de aire acondicionado debe funcionar sin producir ruidos molestos.

Manejar estos factores nos permitirá obtener la sensación de bienestar buscado.

IV.3 TEMPERATURA EFECTIVA

Los ensayos llevados a cabo en laboratorios pusieron de manifiesto que combinando diferentes temperaturas, velocidades y humedades del aire podíamos definir la influencia que estos parámetros combinados tienen sobre la sensación de bienestar para un conjunto de individuos.

Con una velocidad del aire constante diferentes combinaciones de humedad relativa y temperatura de bulbo seco pueden producir la misma sensación de bienestar. Estas combinaciones se llaman temperatura efectiva y pueden ser ubicadas en el diagrama de confort, en la cual las combinaciones que producen la misma sensación de confort se ubican sobre la misma línea de temperatura efectiva.

Vale indicar que el diagrama es valido para individuos normalmente vestidos, ocupados en trabajos sedentarios o ligeros y para temperaturas de las paredes iguales a las del aire.

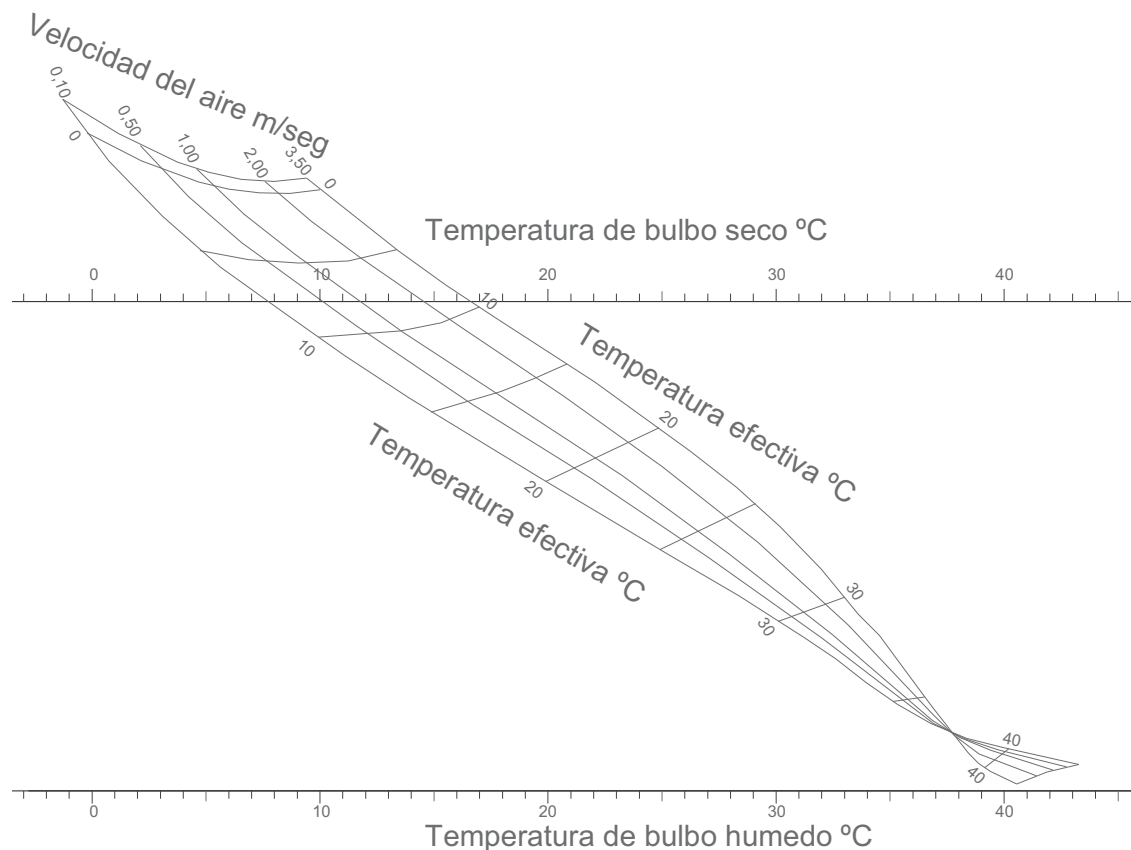


Diagrama de temperaturas efectivas ASHRAE

Ejemplo de lectura del diagrama:

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Temperatura de bulbo seco | = 29 °C |
| Temperatura de bulbo húmedo | = 20 °C |
| Velocidad del aire | = 0,5 m/seg. |
| Temperatura efectiva | ≈ 24 °C |

IV.4 CONDICIONES DE BIENESTAR

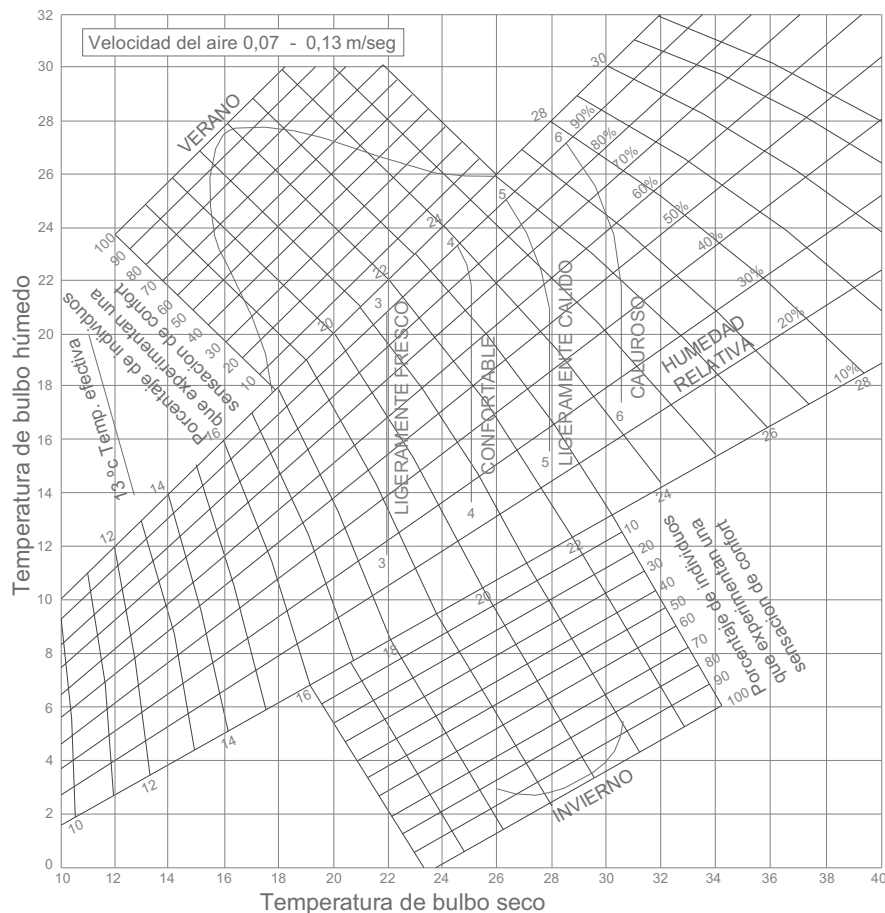
De la observación de distintas situaciones descriptas precedentemente se concluyó que para una velocidad del aire la cual no producía molestias, cada persona experimentaba el “óptimo de bienestar” para distintas combinaciones de temperatura-humedad relativa del aire. Se construyó el diagrama del Bienestar referido a una velocidad del aire fija, el cual permite determinar para cada valor de temperatura efectiva, el porcentaje de individuos que identifican dichas condiciones con el óptimo de bienestar.

Este diagrama se aplica para ambientes acondicionados con un movimiento del aire entre 5 a 8 m/min. y una ocupación media de tres horas o más.

Las curvas representadas sobre la parte superior e inferior del diagrama indican que la mayor parte de las personas experimentan el máximo de bienestar en verano con una temperatura efectiva de 21,5 °C y en invierno con una temperatura efectiva de 19,5 °C.

La temperatura efectiva es un índice de la sensación de calor o de frío experimentada por el cuerpo y que no significa necesariamente que se deba tener una sensación idéntica de confort para todas las parejas de valores de temperatura-humedad relativa correspondientes a una misma temperatura efectiva. Se tendrá un cierto malestar en correspondencia con los valores

más altos y más bajos de la humedad relativa, ya que en el primer caso se produce una acumulación de vapor sobre los vestidos y, simultáneamente, se aumenta la capacidad de percepción de los olores, mientras que en el segundo caso se secan las mucosas, originando una desagradable sensación de sequedad.



Estudios realizados por la ASHRAE con una serie de grupos de personas vestidas con prendas ligeras, introducidas en un ambiente donde el aire está en suave movimiento y cuya temperatura es idéntica a la de las paredes, dieron como resultado las curvas de trazo continuo que se observan en la figura y que representan las sensaciones térmicas de los ocupantes después de una permanencia en el citado ambiente de tres horas de duración.

Estas líneas muestran las diferentes condiciones, bajo las cuales los individuos sujetos a examen han experimentado las sensaciones de: ambiente "ligeramente fresco", "confortable", "ligeramente caluroso" y "caluroso".

La línea 4 - "confortable" pone de relieve que por debajo del 70 % de H. R. esta variable no tiene prácticamente ninguna influencia sobre la sensación de confort, ya que la línea en objeto es prácticamente vertical.

Por encima del 70 % la influencia de la humedad relativa es sólo ligeramente sensible.

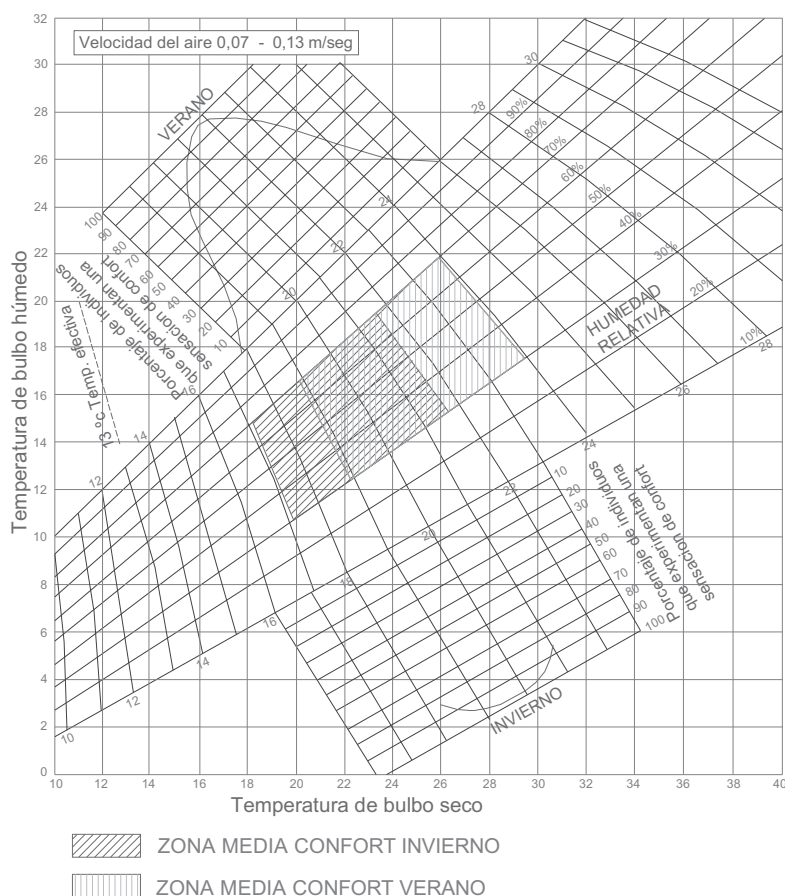
De la misma figura se desprende que las líneas de temperatura efectiva constante muestran una influencia del parámetro humedad relativa sobre la sensación térmica del individuo mucho más marcada de lo que indican las nuevas líneas trazadas sobre el mismo diagrama.

La explicación está en el hecho de que la temperatura efectiva indica la sensación de calor o frío del individuo apenas éste entra en el ambiente acondicionado, mientras que las nuevas líneas representan las sensaciones del individuo después de una permanencia de tres horas, es decir, en condiciones de equilibrio con el citado ambiente.

Como ya se dijo, el diagrama del bienestar indica que las temperaturas "óptimas" efectivas para invierno y verano son respectivamente, 19,5 °C y 21,5 °C. Las líneas de trazo continuo de la figura muestran sin embargo, las medias de las condiciones requeridas en ambas épocas. Un análisis separado de las mismas indica que las temperaturas óptimas de confort son de 25,5 °C en época veraniega y 25 °C en época invernal.

La temperatura de verano determinada con esta experiencia está de acuerdo con la indicada por el diagrama de las temperaturas efectivas, que correspondería a 25,5 °C con el 40 % de H. R. o a 23 °C con el 50 % de H. R. Sin embargo, no lo está en lo que se refiere a la época invernal ya que con un 30 % de H. R. el diagrama muestra una temperatura óptima de bulbo seco de 23,5 °C.

Hacernos notar que, en los ambientes en los que haya una gran cantidad de personas -aulas, teatros, cines, etc.- los intercambios de calor radiante entre los ocupantes hacen desear temperaturas ambientes inferiores a las anteriormente indicadas.



CAPITULO V

CONDICIONES DE DISEÑO - ESTUDIO DE CARGAS TÉRMICAS

V.1 INTRODUCCIÓN

Acondicionar térmicamente un local requerirá que introduzcamos o extraigamos calor según la época del año. Para calefaccionar o refrigerar adecuadamente un local hay que agregar o extraer tanto calor como sea necesario, ahora bien ¿cuánto calor debemos introducir o extraer del local para alcanzar las condiciones de temperatura interior deseada?.

La respuesta es sencilla, el mismo calor que se pierde o gana debido a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del local.

La carga térmica es el calor que entra o sale del local, su determinación permite diseñar y determinar el o los equipos de aire acondicionado.

V.2 CONDICIONES DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

La función principal del acondicionamiento del aire es mantener, dentro de un local determinado, las condiciones de confort, o bien las condiciones necesarias para la conservación de un producto, o para la un proceso de fabricación. Nosotros trataremos exclusivamente las instalaciones de acondicionamiento térmico de confort.

□ Condiciones de diseño exterior:

Para la determinación de las condiciones de diseño exterior no se adoptan los valores extremos de temperatura y humedad relativa, ya que los mismos se presentan durante pocos días y por lo general son picos de corta duración.

El criterio que se adopta es el de promediar las condiciones de temperaturas extremas con las medias, lo mismo con las humedades relativas.

Para la Argentina se puede adoptar los valores establecidos en la tabla N° 1

□ Condiciones de diseño interior.

Los parámetros de diseño para lograr las condiciones de confort, dependerán principalmente de la estación del año, ya sea verano o invierno. Además del destino del local.

En la práctica, suelen adaptarse las condiciones establecidas en la tabla N° 2.

Cabe aclarar que en las instalaciones de calefacción por paneles radiantes, debido a que la transferencia del calor se realiza por radiación desde el panel radiante hacia el ambiente a calefaccionar, se adopta de 3 a 5 grados menos que la temperatura del aire de diseño (dependiendo del grado de actividad que se desarrolle en el local) –

La temperatura interior se considera para personas en reposo y se debe medir en la zona de respiración a 1,5 metros desde el piso y a no menos de 1 metro de las paredes exteriores

V.3 ESTUDIO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE LAS INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONAMIENTO

Definiremos como carga térmica de acondicionamiento a la cantidad de calor que hay que extraer en verano o incorporar en invierno. El cálculo de las cargas térmicas de una instalación

de aire acondicionado consiste en determinar las cantidades de calor sensible y de calor latente, que hay que extraer en verano o aportar en invierno para producir y mantener en el local acondicionado las condiciones de temperatura y humedad relativa prefijadas. El mismo permitirá determinar las características y dimensiones de la instalación.

Antes de hacer la estimación de la carga es necesario realizar un estudio completo que garantice la exactitud de la evaluación de las componentes de carga.

Es indispensable que el estudio sea lo más preciso y completo posible, no debiendo subestimarse la importancia de ningún factor.

- 1- Planos de los locales a acondicionar a acondicionar – Arquitectura, estructura, instalaciones, etc.
- 2- Tipo de instalación deseada.
- 3- Orientación del edificio - Condiciones de diseño exterior
 - a) Coordenadas geográficas, orientación de los locales.
 - b) Edificios próximos.
 - c) Superficies reflectantes
- 4- Destino del local - Condiciones de diseño interior.
- 5- Tiempo de funcionamiento diario previsto de la instalación.
- 6- Dimensiones del local - ancho, alto y largo.
- 7- Estructura - características.
- 8- Materiales de construcción - Pisos, paredes, techos, carpinterías - (constitución, calidad, espesores, dimensiones, etc.)
- 9- Características y dimensiones de los cerramientos, puertas, ventanas, lucernarios, persianas o cortinas (interiores o exteriores).
- 10- Accesos, escaleras, conductos de humo.
- 11- Condiciones mantenidas en verano e invierno en los locales adyacentes.
- 12- Ocupantes - cantidad y ocupación.
- 13- Alumbrado - potencia, tipo, horas de uso.
- 14- Motores, utensilios, maquinarias - potencia, ubicación.
- 15- Ventilación - de acuerdo a los ocupantes, por excesiva acumulación de humos, olores, etc.
- 16- Almacenamiento térmico - comprende el horario de funcionamiento y la capacidad de almacenamiento e inercia térmica de las paredes, pisos, techos y carpinterías.
- 17- Funcionamiento continuo o intermitente - Si, el sistema debe funcionar durante todo el día, o solamente en ocasiones.
- 18- Situación de los equipos y servicios
 - a) Espacios disponibles para ubicar los equipos.
 - b) Posibles obstrucciones, para trazado de cañerías y conductos.
 - c) Situación de tomas de aire exterior.
 - d) Accesibilidad a los equipos para su control y mantenimiento.
- 19- Locales y espacios previstos para la instalación del sistema de aire acondicionado.

V.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS:

Las cargas de acondicionamiento las podemos clasificar de la siguiente manera:

1) Por la forma:

- a) **Calor sensible**
- b) **Calor latente**

2) Por la fuente:

- a) **Interna**
- b) **Externa**

3) Por el tipo:

- a) **Transmisión**
- b) **Radiación solar**
- c) **Infiltración**
- d) **Ventilación**
- e) **Personas**
- f) **Iluminación**
- g) **Motores**
- h) **Artefactos**
- i) **Otras fuentes**

V.5 ANÁLISIS DE LAS CARGAS DE ACONDICIONAMIENTO

Las cargas de acondicionamiento las dividiremos en dos ciclos:

- ☐ **Carga térmica ciclo invierno - Calefacción**
- ☐ **Carga térmica ciclo verano - Refrigeración**

V.6 CARGA TÉRMICA CICLO INVIERNO

El estudio de las cargas térmicas para el ciclo invierno de los locales a tratar, permite determinar cuanto calor debe suministrar el sistema de calefacción para compensar las pérdidas de calor que en el mismo se producen, lo cual me permitirá mantener la temperatura confortable de los ambientes tratados.

La valorización de la carga térmica para el ciclo invierno sirve de base, para seleccionar el equipo de calefacción.

Normalmente se calcula dicha carga con las temperaturas invernales que se producen generalmente de noche, por ese motivo no se toman en consideración las ganancias de calor producidas por las fuentes internas, (personas, alumbrado, etc.).

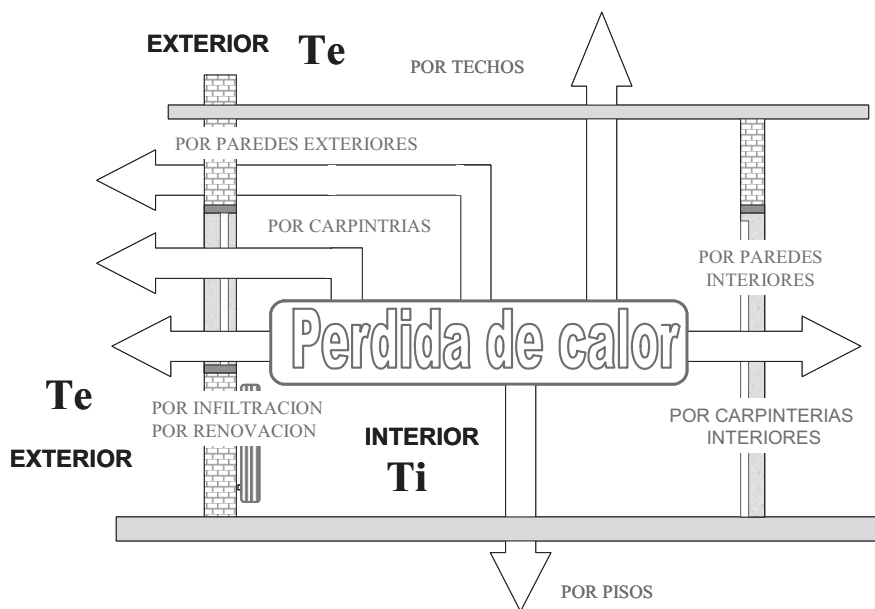
La evaluación de la carga debe entonces tener en cuenta:

- **Las pérdidas por transmisión de calor por cerramientos:** Se producen a través de las paredes, ventanas, puertas, techos, pisos que componen los cerramientos del local estudiado.

- **Las pérdidas por infiltración - Ventilación:** El calor necesario para compensar las entradas de aire exterior, producidas por infiltración a través de las carpinterías que dan al exterior, o el necesario para la ventilación del local para conservar las condiciones de salubridad.

- a) Pérdida de calor sensible correspondiente al calor necesario para calentar el aire de infiltración desde la temperatura exterior a la temperatura ambiente.
- b) Pérdida de calor latente correspondiente al caudal de agua que debe ser evaporada para llevar el aire de infiltración desde la humedad específica exterior a la requerida interior.
- c) En caso de que la instalación de calefacción sea realizada por aire es, además, necesario agregar:

El calor necesario para llevar el aire exterior de ventilación introducido por el acondicionador desde las condiciones de temperatura y humedad exteriores a las interiores.



1) Cantidad de calor a suministrar por pérdidas por transmisión – cerramientos: Las pérdidas de calor por transmisión en régimen estacionario de cada una de las superficies del contorno del local considerado, (pisos cielorrasos, paredes, aventanamientos, etc.), se calculan, según las leyes de la transmisión, mediante la siguiente fórmula:

Fórmula: $Qt' = K \times S \times (ti - te)$

Simbología

| | |
|----|---|
| K | coeficiente total de transmisión de calor |
| S | área considerada |
| ti | temperatura del aire interior |
| te | temperatura del aire exterior |

Unidades

| | |
|---|--|
| K | [W/m ² °K] [Kcal/m ² °C] |
|---|--|

$S \quad [m^2]$

$t_i, t_e \quad [^{\circ}K] \quad [^{\circ}C]$

- Para las paredes y carpinterías que limitan con locales calefaccionados, si los mismos se encuentran a igual temperatura, no existe transmisión de calor, dado que el salto térmico es igual a cero.
- Si la temperatura del local estudiado es menor que las temperaturas de los locales que los rodean no se consideran las posibles ganancias de calor al local.
- Cuando los elementos del contorno del local estudiado limitan locales no calefaccionados, la temperatura de dichos locales debe estimarse en función de las características del mismo y su vinculación con el exterior y los demás locales que lo rodean.

Suele adoptarse la siguiente temperatura de los locales no acondicionados térmicamente adyacentes a los ambientes calefaccionados:

| | | | |
|-------------------------------------|---|--------|---------|
| Halls, pasillos, cocinas, toilettes | : | 285 °K | (12 °C) |
| Escaleras internas | : | 283 °K | (10 °C) |
| Escaleras con acceso al exterior | : | 278 °K | (5 °C) |
| Hall principal del edificio | : | 278 °K | (5 °C) |
| Edificios linderos | : | 283 °K | (10 °C) |
| Garajes | : | 276 °K | (3 °C) |

Para otros casos comunes y siempre que el local no calefaccionado tenga elementos de cierre que impidan la entrada directa del aire exterior la temperatura que se adopta será el promedio de la temperatura de diseño exterior e interior.

$$t'_{li} = \frac{t_i + t_e}{2} \quad \text{Temperatura interior del local no calefaccionado}$$

Para el cálculo de las pérdidas de calor en el caso de pisos sobre tierra se emplea también la ecuación de transmisión, adoptando un coeficiente K práctico de $1,16 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}K$ o 1 kcal/h m^2 y una temperatura de piso igual a la temperatura de diseño exterior más $10 \text{ }^{\circ}K$.

La suma de todas las pérdidas individuales de cada uno de los elementos del contorno del local representa la pérdida de calor por transmisión de todo el local Q_t en régimen estacionario de modo que:

$$Q_t = \sum Q_t'$$

□ **Suplemento por orientación (Q_o):** A las pérdidas de calor por transmisión Q_t , le adicionaremos un suplemento por orientación Q_o .

La magnitud del suplemento a adicionar a la pérdida de calor por transmisión está determinada por la diferente exposición solar del local.

Se adopta como porcentaje (S_o) del calor de transmisión Q_t pudiéndose considerar los siguientes valores para el hemisferio sur:

| | |
|---------------------------|-------|
| | S_o |
| Norte, Nordeste, Noroeste | + 0 % |

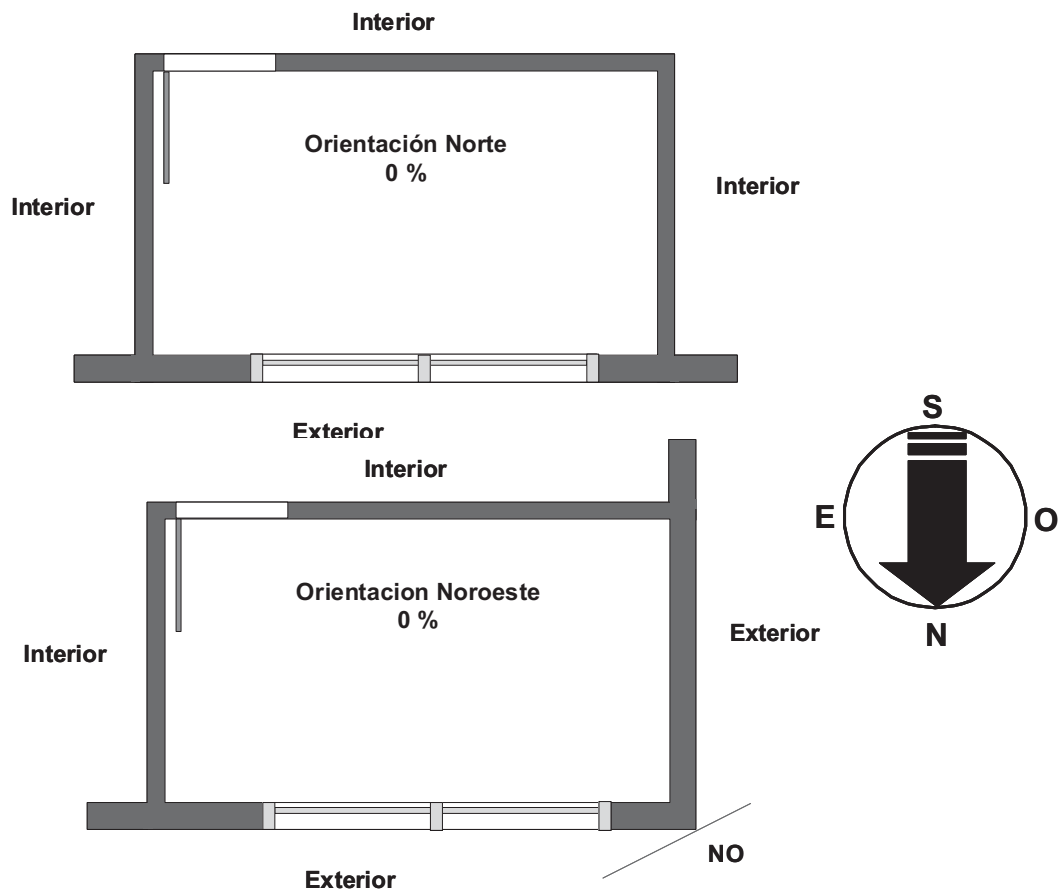
Este, Oeste. + 5 %

Sur, Sudeste, Sudoeste. +10 %

La orientación del local viene dada por

- 1) Local con una pared al exterior, la orientación de esa pared
- 2) Local con dos paredes exteriores en ángulo o esquina la orientación será la del ángulo o esquina.
- 3) Local con dos paredes exteriores que no se encuentren en ángulo, tres o cuatro paredes exteriores, se adopta el mayor de los suplementos

$$Q_o = S_o \times Q_T$$



2) Cantidad de calor a suministrar por pérdida por infiltración del aire exterior

Filtración de aire: Las filtración del aire exterior a través de las puertas, ventanas, conductos de ventilación natural, etc., se deben a dos causas fundamentales:

- a) La presión que ejerce el viento.
- b) Las diferentes densidades del aire exterior y el interior, debido al salto térmico existente.

Como consecuencia de la presión del viento ejercida sobre una de las caras del edificio, una cantidad de aire exterior entra al mismo por las hendiduras existentes y una cantidad igual sale por el lado opuesto.

Si el sistema de calefacción adoptado es por aire caliente con incorporación de una cierta cantidad de aire exterior, ya sea porque lo exigen las condiciones del local, o para que funcione el sistema de calefacción, podremos provocar una cierta sobrepresión. Evitando la entrada del aire exterior por infiltración a través de las carpinterías que dan al exterior. Por lo tanto la estimación de la pérdida de calor producida por la filtración de aire exterior dependerá del sistema de calefacción que proyectemos, debiéndose cuantificar su valor para los sistemas de agua caliente, circulación natural o forzada, o vapor a baja presión, que alimenten a radiadores o convectores.

La filtración del aire por efecto de la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior, efecto chimenea, en los edificios altos, tiende a aumentar las infiltraciones por puertas y ventanas de los niveles inferiores y a disminuirlas en los superiores. Al proyectar y construir un edificio se deben tomar los recaudos necesarios para disminuir sus efectos.

El aire infiltrado determina pérdidas de calor que deben considerarse en el balance térmico porque alteran las condiciones interiores de temperatura y humedad que se quiere mantener y por lo tanto deben computarse.

□ **Pérdida de calor sensible por infiltración de aire exterior:**

Fórmula

$$Q_{\text{Infs}} = C_e \times V_{\text{inf}} \times p_e \times (t_i - t_e)$$

Simbología

| | | |
|--------------|--|----------------------|
| QInfs | = Pérdida de calor sensible por infiltración | [W] |
| Ce | = calor específico del aire a presión constante | [W/Kg] |
| Vinf | = volumen del aire que ingresa al local por infiltración | [m ³ /h] |
| Pe | = peso específico del aire a la te | [Kg/m ³] |
| ti | = temperatura interior | [°K] |
| te | = temperatura exterior | [°K] |

□ **Pérdida de calor latente por infiltración de aire exterior:** Pérdida de calor latente solamente la consideramos en invierno cuando queremos mantener alta la humedad relativa, no la consideraremos para el ciclo de invierno.

Fórmula

$$Q_{\text{Infl}} = C_{lv} \times V_{\text{inf}} \times p_e \times (H_{ai} - H_{ae})$$

Simbología

| | | |
|--------------|---|-------------------------|
| QInfl | = Pérdida de calor latente por infiltración | [W] |
| Clv | = calor latente de vapor del aire en la condición Hai | [W/Kg] |
| Vinf | = volumen del aire que ingresa al local por infiltración o ventilación. | [m ³ /h] |
| pe | = peso específico del aire a la ti | [Kg/m ³] |
| Hai | = humedad específica del aire interior | [Kg vapor/Kg aire seco] |
| Hae | = humedad específica del aire exterior | [Kg vapor/Kg aire seco] |

Determinado t_i , t_e , de tablas, queda entonces calcular el volumen de aire que se infiltra del exterior.

□ **Cálculo del volumen del aire infiltrado:** Para calcular el volumen de aire infiltrado, que ingresa al local a calefaccionar, producido por la presión de aire exterior podemos utilizar:

a) Método de las hendiduras

b) Método de las renovaciones de aire

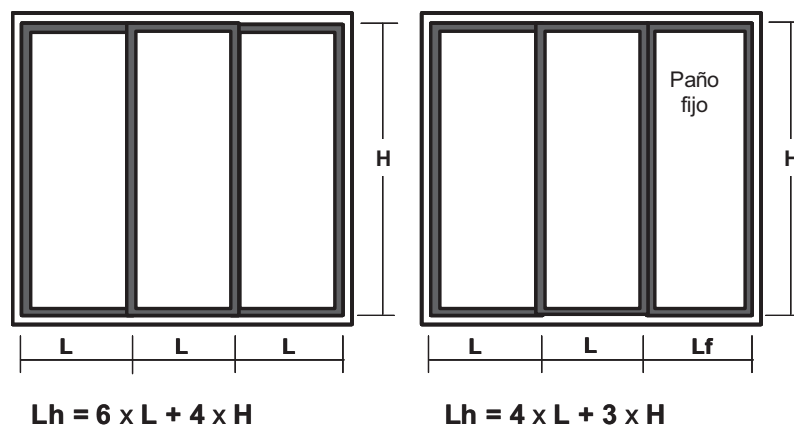
a) Método de las hendiduras: En el mercado existen distintas calidades de carpinterías. Teniendo en cuenta, sus formas constructivas, materiales las dimensiones de las hendiduras y juegos entre los marcos y las hojas, se determinó para diferentes velocidades de viento, el volumen de aire que se filtra en m^3/h por metro lineal de hendidura.

Se denomina hendidura o rendija al perímetro de abrir de una ventana o puerta.

Para calcular los metros de longitud de hendidura debe tener en cuenta los paños móviles de las carpinterías, es decir, solo el perímetro de los paños por donde se filtra el aire.

Volcadas en la tabla N° 3 quedando determinado el volumen por hora que se filtra de aire [m^3/h], por metro lineal de hendidura de acuerdo a las características de la carpintería y de la velocidad del viento.

Ejemplo:



El volumen por infiltración de las ventanas será entonces:

$$V_{\text{infv}} = L_h \times (\text{m}^3/\text{h.m})$$

Para las puertas que dan al exterior, el volumen de aire que se infiltra dependerá del uso que se hace de la misma, del tipo, y de la velocidad del viento. El volumen de infiltración estará dado en m^3/h por cada m^2 de superficie expuesta.

$$V_{\text{infp}} = m^2 \times (\text{m}^3/\text{h. m})$$

El volumen total de infiltración del local por este Método será entonces la suma de las infiltraciones por las puertas y las ventanas.

$$V_{\text{inf}} = \Sigma V_{\text{infv}} + \Sigma V_{\text{infp}}$$

b) Método de las renovaciones de aire: La cantidad de aire filtrado se determina en forma global, sobre la base de un cierto número de renovaciones necesarias de acuerdo al tipo, uso y ubicación del local.

Volcadas en la tabla N° 4 de acuerdo a las paredes que tenga expuestas al exterior el local. Si las carpinterías tienen burletes se puede reducir dichos volúmenes en un 33 %.

Este Método es menos preciso que el anterior pero su aplicación es mucho más práctica.

$$V_{\text{renov.}} = V_{\text{local}} \times N^{\circ}\text{renovaciones}$$

Debemos adoptar el mayor de los dos volúmenes que hemos determinado por cada uno de los métodos.

$$V_{\text{inf.}} > V_{\text{renov.}} \quad V = V_{\text{inf.}}$$

$$V_{\text{inf.}} < V_{\text{renov.}} \quad V = V_{\text{renov.}}$$

□ **Estratificación del calor:** Existen normalmente dos situaciones en la que el calor se estratifica

- 1) El calor se estratifica en los locales de techo alto.
- 2) El calor puede estratificarse también encima de los cielorrasos colgantes con luces indirectas, y/o sistemas de retorno situados en el techo.

La primera situación se produce, generalmente, en industrias, iglesias, salas de espectáculos.

La segunda en hoteles, apartamentos y locales de oficinas. En ambos casos lo que ocurre es que como el aire caliente tiende a elevarse, permite la estratificación de las cargas de convección.

En los locales con techo alto, gran parte de la carga de convección que se produce se estratifica a la altura del techo. Con lo cual en invierno debemos incrementar las cargas de calefacción. En cambio para el ciclo de verano si el retorno de aire se realiza por el techo, esta carga de convección, que se produce por encima de la corriente de aire fresco, debe descontarse de la carga de aire acondicionado.

Hasta los 3 metros de altura se desprecia el efecto de estratificación porque se considera unificada la temperatura por el movimiento de personas, puertas, etc. Desde los 3 a 5 metros de altura se adicionara 2.5 % en total, para locales de mayor altura se adicionara un 2,5 % por cada metro de exceso, hasta un máximo 18 %.

□ **Suplementos debidos a la intermitencia o reducción nocturna del servicio:** El cálculo de las pérdidas térmicas por transmisión y por infiltración, han sido realizado para las condiciones de régimen de la instalación.

En la práctica y en el caso -frecuentemente- de edificios calentados de manera intermitente, la exigencia de calor es mayor en la fase de puesta en marcha de la instalación durante la cual se debe elevar la temperatura del aire y de los paramentos, (mampostería y carpinterías), del edificio hasta las condiciones de régimen.

Las necesidades de calor típicas de esta fase varían con la capacidad térmica de los paramentos que deben ser calentadas así como con el tiempo fijado para la puesta en régimen de la instalación. La conveniencia o inconveniencia de aumentar la potencia requerida debe ser atentamente valorada en función de las consideraciones económicas y de ejercicio.

La tabla indica algunos porcentajes de aumento, a título orientativo, establecido en función del tiempo de funcionamiento diario de la instalación y el tipo de la misma.

Los valores de los porcentajes de aumento que deben preverse para calefacción intermitente y para los diferentes tipos de instalaciones, aplicables a las dispersiones por transmisión que incluyen los suplementos normales y para recambio natural en régimen continuo.

| Funcionamiento | Instalaciones de aire caliente | Instalaciones de radiadores | | Instalaciones de Panel Radiante con tubos empotrados en la estructura |
|--|--------------------------------|-----------------------------|------------------|---|
| | | De vapor | De agua caliente | |
| Continuo con reducción nocturna | 12 | 10 | 8 | 5 |
| Con utilización de 16 - 18 horas diarias | 15 | 12 | 10 | 8 |
| Con utilización de 12 - 16 horas diarias | 20 | 15 | 12 | 10 |
| Con utilización de 8 - 12 horas diarias | 25 | 20 | 15 | 12 |
| Con utilización de 6 - 8 horas diarias | 30 | 25 | 20 | 15 |
| Con utilización de 4 - 6 horas diarias | 35 | 30 | 25 | 20 |

Tabla N° A. Tomada del "Progetto di regole per il calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici" 1969

Los edificios cuyas paredes sean pesadas o cuya calefacción sea intermitente, deberán ser tratados separadamente.

Por lo tanto el calor total que debe ser suministrado para compensar las pérdidas del edificio o del local considerado viene dado por la suma de las pérdidas térmicas por transmisión a través de todas las paredes y de las pérdidas térmicas por infiltración. Además, dichas pérdidas deben ser aumentadas en función del coeficiente de orientación y altura del local. El valor así obtenido debe eventualmente ser aumentado para tener en cuenta la intermitencia de funcionamiento.

Las pérdidas térmicas debidas a infiltraciones están normalmente basadas en los caudales de aire de infiltración que se calcularán de acuerdo con lo dicho en el punto 2 debiendo tenerse en cuenta y con un criterio realista, los elementos particulares que puedan alterar dichas infiltraciones.

En el caso de las instalaciones de calefacción por aire caliente el acondicionador deberá suministrar al aire exterior de ventilación introducido a través de él y producir el calor necesario para llevarlo desde las condiciones térmicas exteriores a las interiores.

Si llamamos C_V al caudal de aire exterior de ventilación introducido por la instalación de acondicionamiento, aire standard, la cantidad de calor sensible necesaria para llevar el aire exterior a la temperatura del ambiente, viene dado por:

$$Q_{SV} = 0,29 \times C_V \times (t_i - t_e)$$

La cantidad de calor latente necesaria para llevarlo a las condiciones de humedad específica interna viene dada por:

$$Q_{LV} = C_V \times 1,2 \times 0,595 (x_i - x_e)$$

Cuando no existe instalación de extracción y el caudal de aire exterior introducido por el acondicionador sea superior al caudal de aire de infiltración calculado, este último puede ser despreciado.

❑ **Caudal y temperatura del aire introducido en el ambiente:** En las instalaciones de calefacción por aire, el caudal y la temperatura del mismo son función solamente de las pérdidas térmicas sensibles, transmisión + infiltración, e independientes del aire exterior introducido a través de los elementos de la instalación de acondicionamiento.

Una vez calculadas dichas pérdidas para un único ambiente el caudal de aire a introducir en el mismo, C_m , expresado en $m^3/hora$, puede calcularse en la fórmula:

$$q = q_t + q_i = 0,29 \times C_m \times (t_m - t_i)$$

Donde:

q = representa las pérdidas del calor sensible en el ambiente en W

t_m = es la temperatura del aire de impulsión en °K.

t_i = es la temperatura del ambiente en °K.

Las incógnitas C_m y t_m pueden variar respetando las normas a continuación indicadas:

- a) El caudal de aire introducido no puede ser lógicamente inferior al aire exterior de ventilación.
- b) El caudal de aire introducido debe ser mantenido dentro de los límites necesarios para obtener una buena distribución en el ambiente.
- c) La temperatura del aire introducido no debe superar los 318 °K (45 °C). Temperaturas elevadas del aire introducido producen estratificaciones de temperatura en el ambiente.
- d) Normalmente es el cálculo de verano de la instalación de acondicionamiento el que determina el caudal de aire a introducir. En tal caso, hay que comprobar entonces que la temperatura del aire de -impulsión en invierno - verifica las condiciones precedentes.

Además, debe verificarse que la temperatura del aire impulsado, en las instalaciones de acondicionamiento de tipo convencional, no es inferior a los 300 °K a 303 °K (27 a 30 °C), para evitar posibles sensaciones de frío en los ocupantes.

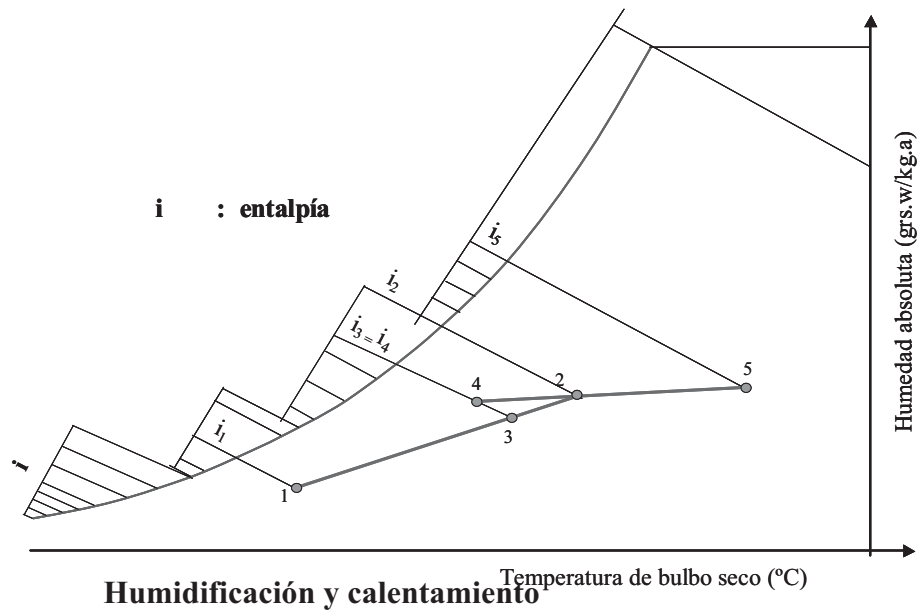
Esto exige una comprobación del sistema de distribución del aire en el ambiente y una eventual disminución del caudal con respecto al de verano, lo que se puede conseguir mediante la adopción de motores de dos velocidades en los acondicionadores.

Obsérvese que en el cálculo térmico invernal y por razones de seguridad, no se tienen en cuenta las aportaciones de calor exteriores o interiores, (radiación solar, luces, personas, etc.), ya que éstos pueden en algunos casos no existir.

Dichas aportaciones pueden, sin embargo, reducir notablemente los costos del sistema de acondicionamiento. Por otra parte deben ser atentamente considerados cuando se estudia la división en zonas de la instalación en el sentido de que, por ejemplo, alguna zona puede requerir enfriamiento en pleno invierno, mientras que las otras exigen calentamiento.

Particular atención deberá prestarse en el hemisferio sur a la orientación norte debido al elevado valor de la insolación durante la estación invernal.

Sobre el diagrama Carrier realizamos una transformación psicrométrica típica de las instalaciones de acondicionamiento invernal.



El aire exterior de ventilación punto N° 1 se mezcla al aire de recirculación punto N° 2, y el conjunto es humidificado adiabáticamente 3 - 4 hasta conseguir una humedad específica igual a la requerida en el ambiente. Posteriormente calentada hasta la temperatura de impulsión punto N° 5 calculada de manera que pueda compensar las pérdidas térmicas de los ambientes tratados.

Resulta:

$$q = q_t + q_{si} = 0,29 \times C_v \times (t_5 - t_2) = 1,2 \times C_v \times (i_5 - i_2)$$

$$q_{tot} = 1,2 \times C_v \times (i_5 - i_3) = 1,2 \times C_v \times [(i_5 - i_2) + (i_2 - i_3)]$$

Siendo q_t el calor total que debe ser suministrado al aire, y que será igual a las pérdidas del ambiente más el calor necesario para llevar el caudal de aire exterior introducido hasta las condiciones higrotérmicas de dicho ambiente.

4.6 PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA DETERMINAR LA CARGA DE CALEFACCIÓN

- 1) Se determina la temperatura exterior de cálculo basándose en la mínima absoluta de la estación invernal para los últimos 10 años con el coeficiente de frecuencia de 90 % fijados en la tabla 1.
- 2) Se adopta la temperatura interior del o de los locales de acuerdo a su uso establecidas en la tabla 2 de recomendaciones.
- 3) Se calcula el área de cada uno de los elementos que conforman el contorno del local.

Todos los cálculos se hacen con los planos a la vista, en escala no menor a 1:100, así como los de carpintería de madera, metálica y detalles constructivos de paredes y techos.

- 4) Se determinan mediante la norma IRAM 11.601, o se calculan según corresponda los coeficientes K para las paredes, vidrios, techos, pisos, etc.
- 5) Se computan las pérdidas de calor por transmisión de todas las superficies:

$$Q_t = \sum K \times S \times (t_i - t_e)$$

- 6) Se le adiciona al calor por transmisión el suplemento por orientación So , de acuerdo a la ubicación del local

$$Q_o = S_o \times Q_t$$
- 7) Se calcula el total del calor por transmisión sumando los valores 5) y 6).

$$Q_{to} = Q_t + Q_o$$
- 8) Se calcula por el Método de la hendidja y por el Método de las renovaciones, el volumen que ingresa al local por infiltración de aire, se adopta el mayor de los dos.
- 9) Se calculan las pérdidas por infiltración, determinándose la pérdida de calor sensible por la fórmula:

$$Q_{inf} = C_e \times V \times p_e \times (t_i - t_e)$$

$$p_e = 1,3 \text{ kg/m}^3 \text{ a la } t_e = 273 \text{ K (0 °C)}$$

$$Q_{inf} = 0,31 \times V \times (t_i - t_e) \quad [\text{Kcal/h}]$$

$$Q_{inf} = 0,35 \times V \times (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$
- 10) Se calcula el subtotal de la pérdida de calor sumando los valores obtenidos en los puntos 7) y 9),

$$Q_{TS} = Q_{to} + Q_{inf}$$
- 11) Si el local tiene una altura mayor a los tres (3) metros se calcula el suplemento de acuerdo a lo establecido en "Estratificación del aire".

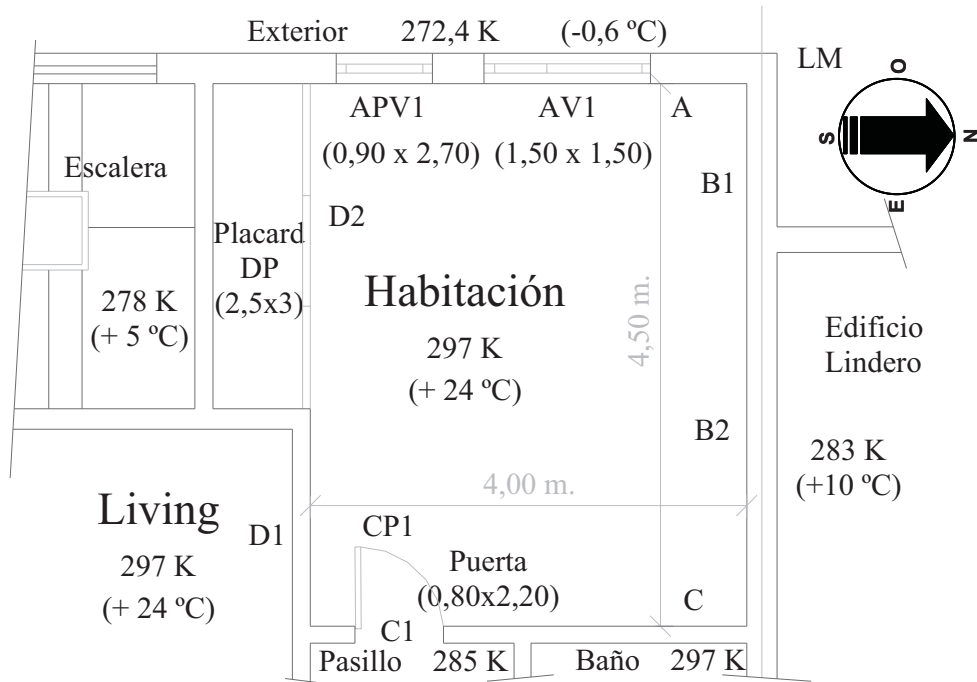
$$Q_h = (\% \text{ por estratificación}) \times Q_{TS}$$
- 12) La sumatoria de las cargas térmicas calculadas en los puntos 10) y 11) representa la pérdida total de calor cuando se ha alcanzado el estado de régimen.
- 13) Se le adiciona al calor Q_{TS} un suplemento por intermitencia o reducción nocturna del servicio. Según Tabla N° A – Pág. N° 76

$$Q = \% \text{ Interm.} \times Q_{TS}$$
- 14) La sumatoria de las cargas térmicas calculadas en los puntos 12) y 13) representa la pérdida total que nos permitirá calcular la instalación de calefacción.

Ejemplo Balance térmico para calefacción:

Se trata de determinar la cantidad de calor necesario para compensar las pérdidas de un local, cuyas características se indican en la figura

| | |
|------------|---------------|
| Edificio: | PLAYA I |
| Ubicación: | MAR DEL PLATA |
| Local: | HABITACION |
| Piso: | PB. |



Dimensiones: 4 m x 4,5 m h = 4 m

$t_i = 297 \text{ °K}$ (+24 °C) De la tabla de confort Interior

$t_e = 272,4 \text{ °K}$ (-0,6 °C) De la tabla de condiciones exteriores

Pared de ladrillo común revocada de ambos lados de 30 cm.

$K = 1,90 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Pared de ladrillo común revocada de ambos lados de 15 cm.

$K = 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Vidrio

$K = 5,82 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Puerta placa

$K = 3,00 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Azotea con baldosa

$K = 1,87 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Pisos/ PB.

$K = 1,16 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$

Ventana (V1) de abrir con banderola (0,5 m) de madera con cortina de enrollar

Puerta balcón (PV1) de abrir con banderola (0,5 m) marco de madera con cortina de enrollar

No se consideran las pérdidas de calor entre locales calefaccionados

Piso de tierra se consideró $K = 1,16 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$ y su temperatura se fija $t_e + 10 \text{ °K} = 262,6 \text{ °K}$.

Por ser la altura del local $h = 4 \text{ m}$ se le adiciona a la carga total un 1,25 % más.

| ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA - INVIERNO | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------|------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|---|--|---|-------|------------------|------------------------|-----------------------|----|--|
| Obra : PLAYA I | | | | | | | | | | | | | | | |
| Local : Habitación Piso : Planta Baja Orientación : Sureste | | | | | | Largo | | Ancho | | Alto | | Unidad | | | |
| | | | | | | Dimensiones: | | 4,5 | | 4 | | 4 | | m | |
| | | | | | | Superficie : | | | | 18 | | | | m² | |
| | | | | | | Volumen : | | 72 | | | | m3 | | | |
| CALOR POR TRANSMISIÓN | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
| | | | | O R I E N T A C I O N | L O N G I T U D | A L T U R A | S U P . T O T A L | S U P . N E T A | C O E F . K | ti-te | CARGA TERMICA | Observaciones | | | |
| ti: 297 k | | | | | | | | | | | | | | | |
| te: 272,4 k | | | | | m | m | m2 | m2 | w/m²*k | k | w | | | | |
| A | Pared exterior Ladrillos común | | | S | 4 | 4 | 16 | 11,3 | 1,9 | 24,6 | 529,10 | 30 cm, Rev ambos lados | | | |
| APV1 | Puerta Balcon | | | S | 0,9 | 2,7 | 2,43 | 2,4 | 5,82 | 24,6 | 347,91 | | | | |
| AV1 | Ventana | | | S | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 2,25 | 5,82 | 24,6 | 322,14 | | | | |
| B1 | Pared exterior Ladrillos común | | | O | 1,4 | 4 | 5,6 | 5,6 | 1,9 | 24,6 | 261,74 | 30 cm, Rev ambos lados | | | |
| B2 | Pared exterior Ladrillos común | | | O | 3,1 | 4 | 12,4 | 12,4 | 1,9 | 14 | 329,84 | 30 cm, Rev ambos lados | | | |
| C | Pared interior- Baño | | | N | 2,25 | 4 | 9 | 9 | 2,91 | 0 | 0,00 | 15 cm, Rev ambos lados | | | |
| C1 | Pared interior- Pasillo | | | N | 1,75 | 4 | 7 | 5,24 | 2,91 | 12 | 182,98 | 15 cm, Rev ambos lados | | | |
| CP1 | Puerta Placa | | | N | 0,8 | 2,2 | 1,76 | 1,76 | 3 | 12 | 63,36 | | | | |
| D1 | Pared interior- Living | | | E | 2 | 4 | 8 | 8 | 2,91 | 0 | 0,00 | 15 cm, Rev ambos lados | | | |
| D2 | Pared interior- Living | | | E | 2,5 | 4 | 10 | 2,5 | 2,91 | 0 | 0,00 | 15 cm, Rev ambos lados | | | |
| DP | Placard | | | E | 2,5 | 3 | 7,5 | 7,5 | 3 | 0 | 0,00 | | | | |
| S | Solado | | | | 4,5 | 4 | 18 | 18 | 1,16 | 14,6 | 304,85 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subtotal por transmisión Qt = (total columna 8) | | | | | | | | | | | 2341,91 | | | | |
| Suplemento por orientación Qo= (% orientación local) * Qt | | | | | | | | | | | 234,19146 | | se incrementa un 10 % | | |
| TOTAL CALOR POR TRANSMISIÓN Qto = Qt + Qo | | | | | | | | | | | 2576,106 | | | | |
| CALOR POR INFILTRACIÓN Velocidad del viento: 24 km/h | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÉTODO | | Nº de ventanas | Dimensiones m | Perímetro m | Factor m³/m²h | | Volumen de aire m³/h | | Marco de madera h:2,4 mm Sin burlete | | | | | | |
| | | AV1 | 1,5 * 1,5 | 7,5 | 10,3 | | 77,25 | | | | | | | | |
| INFILTRACIÓN | | PV1 | 0,8 *2,2 | 7,04 | 10 | | 70,4 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | VOLUMEN TOTAL | | | | | | 147,65 | | | | | | | |
| MÉTODO | | (vol. Local) * coef. Renov. | | | 72 | 1,5 | Volumen Mayor | | 147,65 | | | | | | |
| RENOVACIONES | | VOLUMEN TOTAL | | | | | | | 108,00 | | | | | | |
| TOTAL CALOR POR INFILTRACIÓN Qinf = Ce*pe*V*(ti-te) | | | | | | | | | | | 1133,24 | | | | |
| Pérdida de calor subtotal QTS = Qto + Qinf | | | | | | | | | | | 3709,35 | | | | |
| Suplemento por altura local Qh = QTS*(%Altura) | | | | | | | | | | | 46,37 | | | | |
| Suplemento por intermitencia de servicio Q = QTS*(%Interm.) | | | | | | | | | | | 370,93 | | Reduccion nocturna | | |
| PERDIDA TOTAL DE CALOR QT | | | | | | | | | | | 5367,89 | | w | | |

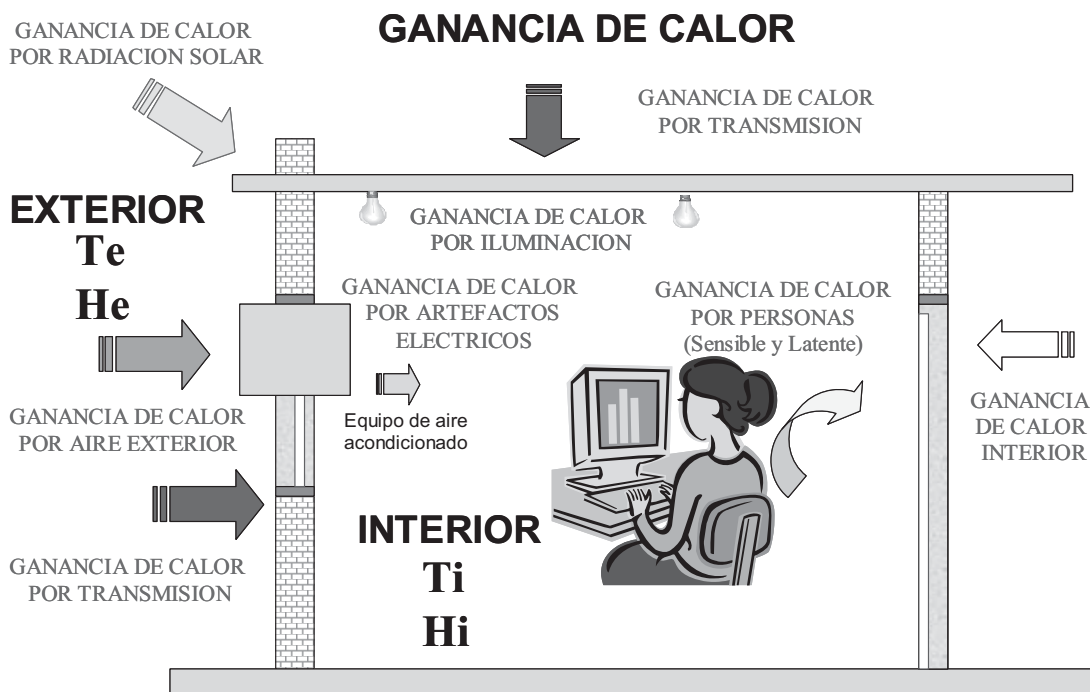
4.7 CARGA DE REFRIGERACION EN VERANO

La determinación de las cargas de refrigeración permite conocer la cantidad de calor que el sistema gana y cuyo fin es el de diseñar y/o seleccionar el equipo de aire acondicionado, para producir y mantener las condiciones de **humedad y de temperatura** preestablecidas dentro de los locales acondicionados.

El estudio de las cargas de refrigeración es más complejo que el analizado para calefacción, debido a los diversos factores que actúan y que deben ser tenidos en cuenta, como ser:

- En verano la variación diaria de la temperatura es más pronunciada que en invierno, por lo que las cargas de refrigeración varían mucho durante el día, lo que requiere estimar las ganancias de calor a distintas horas del día, con el objeto de determinar la condición más desfavorable y en que momento se produce.
- En invierno no se considera la radiación solar, puesto que representa un beneficio en los cálculos, mientras que en verano es un factor muy importante, que debe tenerse en cuenta.
- En invierno no se consideran las disipaciones de calor de los elementos del interior de los locales, debido a que, como en el caso anterior, son cargas favorables en los cálculos. No ocurre lo mismo en la época de verano, dado que es una cantidad de calor a extraer con el equipo de aire acondicionado.
- La eliminación de humedad de las personas en invierno en cierta medida representa un beneficio para la instalación, pero en verano todo aporte de humedad o vapor de agua en el interior del local son una fuente de calor latente, que hay que considerar en los cálculos.

Además, el aire exterior que incorporamos al sistema aporta calor sensible, y el calor latente en forma de vapor de agua, debido a que en general en verano es más húmedo que el aire interior.



La evaluación de la carga debe entonces tener en cuenta **las ganancias por radiación solar** a través de elementos que componen el contorno exterior del local estudiado, es decir, ventanas, paredes, puertas, techos y pisos, **las ganancias por transmisión de calor** que se producen a través de las paredes, ventanas, puertas, techos y pisos, **las ganancias por la incorporación de**

aire exterior, (para que funcione correctamente el sistema, o para cumplir con las normas de ventilación del local para conservar las condiciones de salubridad y confort), **y las ganancias por las cargas interiores**, (personas, iluminación, motores, etc.).

En el análisis de la carga de acondicionamiento no basta simplemente con determinar la carga total, o sea, la suma de todas las cargas, se debe establecer con precisión cuanto de calor sensible y cuanto de calor latente, se gana, tanto exterior como interior, con el fin de utilizar la cantidad y las condiciones adecuadas de temperatura y humedad del aire que vamos a inyectar al local y como consecuencia poder elegir o diseñar correctamente el equipo de acondicionamiento de aire que satisfaga las condiciones de confort proyectadas.

- **Unidades:**

La unidad básica en el SIMELA para medir la cantidad de calor que hay que extraer se mide en vatios [W], pero es de uso corriente trabajar en frigorías/h o toneladas de refrigeración, dado que las empresas, que fabrican los distintos componentes, que integran una instalación de acondicionamiento de aire utilizan estas unidades para especificar los mismos.

Frigorías/hora: es una unidad equivalente a 1,16 vatios (1 Kcal), pudiéndose definir como la cantidad de calor a sustraer a una masa de un kilogramo de agua para que disminuya su temperatura en un grado Kelvin de 287,5 °K a 288,5 °K (o en centígrado de 14,5 °C a 15,5 °C) a presión normal.

El mercado del aire acondicionado traduce las ganancias del local a acondicionar calculadas en Kcal/h a Frigorías/hora a fin de especificar el equipo dado que se habla del mismo valor.

$$1 \text{ Frigoría/h} = 1 \text{ Kcal/h} = 1,16 \text{ W}$$

Toneladas de refrigeración: La unidad corriente para medir la potencia de los equipos de refrigeración es la tonelada de refrigeración.

Se define la tonelada de refrigeración como la cantidad de calor necesario para transformar en hielo a una temperatura de 273 °K (0 °C) una tonelada inglesa (2000 libras o 907 Kg) de agua a la misma temperatura en 24 horas.

El calor latente de fusión de agua es de 80 Kcal/kg

$$80 \text{ Kcal/Kg} \times 907 \text{ Kg} = 72.560 \text{ Kcal} = 72.560 \text{ frigorías}$$

Este valor es en 24 horas según la definición

$$\text{Tonelada/hora} = 72.560 \text{ frigorías} / 24 \text{ horas}$$

$$\text{Tonelada / hora} = 3.024 \text{ frigorías/hora}$$

$$\text{Tonelada / hora} = 3.517 \text{ W}$$

El uso práctico ha llevado a aplicar este valor en números enteros:

$$1 \text{ tonelada de refrigeración} \approx 3.000 \text{ frigorías / hora} \approx 3500 \text{ W}$$

4.7.1 GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR

El método de cálculo para las ganancias de calor por conducción se ha basado en la diferencia de temperatura de proyecto exterior e interior. Se ha considerado que los edificios cuyo cómputo térmico debemos analizar están en sombra y considerando constante la temperatura exterior durante el transcurso del día.

Sin embargo, parte de la superficie exterior estará expuesta al sol y debemos computar esta carga térmica derivada de la radiación solar.

Cuando el sol incide directamente sobre una superficie, esta se calienta. Si dicha superficie es parte de un edificio, un porcentaje del calor, solar es reflejado y otro es transmitido al interior del mismo. La cantidad de calor por radiación solar suele llegar al 50 % de las ganancias totales de calor.

De ahí la extraordinaria importancia del correcto análisis de este factor y paralelamente, la importancia del proyecto en la selección de los materiales y de la forma de exponer las superficies de radiación.

Cuando los rayos de sol inciden sobre la superficie la cantidad de calor transmitido a dicha superficie depende básicamente de dos factores:

- 1) Grado de opacidad, color y rugosidad de la misma.
- 2) Ángulo de incidencia.

1) Una superficie de color oscuro absorberá más calor radiante que una superficie de color claro, en igual forma una mayor rugosidad favorece la absorción de calor. La tabla siguiente muestra los porcentajes aproximados de radiación solar absorbidos por superficies de diferente color.

| Color de superficie pintada | | Calor radiante absorbido |
|----------------------------------|---------------|--------------------------|
| Blanco o aluminio | color claro | 28% |
| Rojo, marrón, verde claro | color mediano | 63% |
| Negro o verde oscuro | color oscuro | 94% |

Los valores mencionados se refieren siempre a superficies lisas.

2) Se han confeccionado tablas que indican las diferencias de temperatura equivalente que deben ser tomadas para calcular la ganancia de calor por radiación solar, para paredes y techos en función del color, de la latitud del lugar, la orientación de la pared y la hora del día y para vidrios en función de la latitud, la orientación y la hora del día.

Al aplicar las diferencias de temperatura debe buscarse el máximo simultáneo.

Cuando los rayos del sol inciden perpendicularmente sobre una superficie opaca tienen menos posibilidad de ser reflejados que si chocan contra la superficie en otro ángulo. Esta energía no reflejada aumenta la temperatura superficial y por lo tanto la transmisión de calor al interior del edificio. El ángulo de incidencia depende de la latitud, de la época del año y de la hora del día. Las mayores temperaturas solares se producen para las paredes orientadas al este y al oeste a las 8 y 16 horas, respectivamente. Por la resistencia térmica de las paredes y techos a la conducción de calor hacia el interior del local, se produce un retardo de 2 a 5 horas en manifestarse el efecto en el local, las tablas ya incorporan dicho retardo por lo cual la mayor diferencia de temperatura para paredes al este y oeste se producirá, de acuerdo con las características de la pared, (espesor, materiales, etc.), con un retraso de 2 a 5 horas, de las horas picos para dichas orientaciones.

Se debe, además, tener en cuenta la influencia de las sombras protectoras de edificios adyacentes, montañas, etc.

De lo expuesto cabe consignar que utilizaremos la diferencia de temperatura equivalente en la cual se tiene en cuenta todos los factores que influyen en la entrada de calor por radiación solar.

1.1) Ganancias por radiación solar a través de las superficies de vidrio:

Radiación solar a través del vidrio común: La radiación solar sobre una superficie plana en los límites de la atmósfera es de un valor medio de aproximadamente 1354 W por metro cuadrado de superficie y por hora.

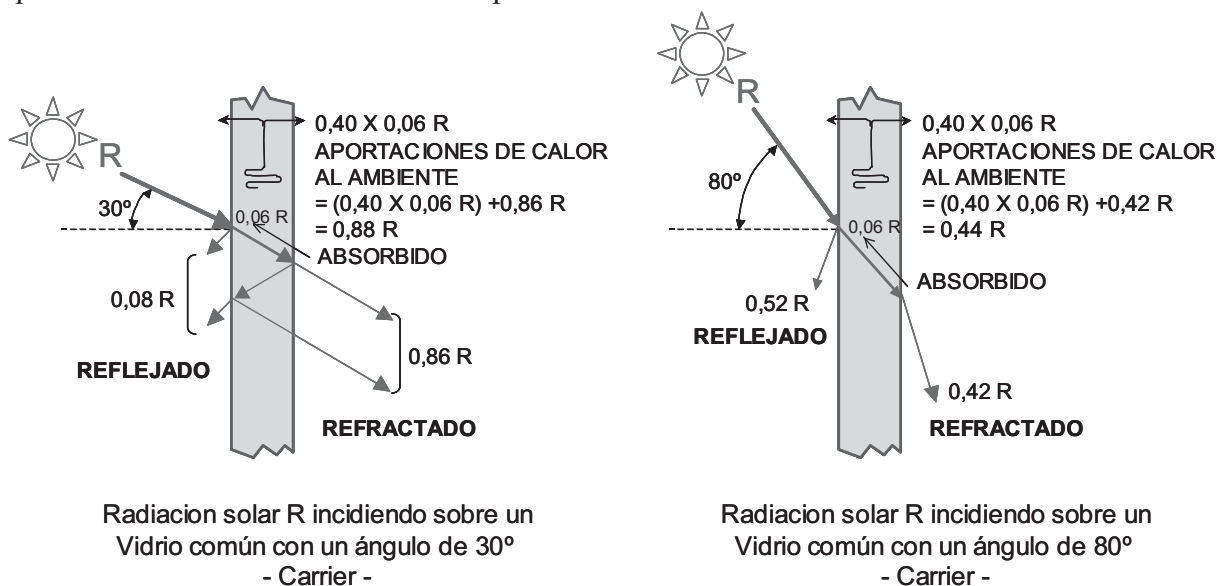
La radiación directa sobre la superficie terrestre es notablemente inferior, ya que gran parte es absorbida y reflejada hacia el espacio por la atmósfera y a su vez parte es reflejada en forma difusa hacia la tierra por partículas de polvo, de vapor o de ozono contenidas en la atmósfera.

El valor de la radiación solar unitaria a través del vidrio común depende de la posición geográfica, latitud, de la hora del día, del día del año y de la orientación del mismo.

La componente de radiación directa origina ganancia de calor en el espacio acondicionado sólo cuando la ventana es atravesada por los rayos solares, mientras que la componente de radiación difusa origina ganancia de calor cualquiera que sea la posición de la ventana en relación con el sol.

El cristal común absorbe una débil proporción de la radiación solar, 5 a 6 %, y refleja o transmite el resto. La magnitud de calor reflejada y transmitida depende del ángulo de incidencia, ángulo formado por la normal al cristal con la dirección de los rayos del sol. Para pequeños ángulos de incidencia se transmite de un 86 a 87 % y se refleja de un 8 a 9 %.

Cuando aumenta el ángulo de incidencia aumenta también el calor reflejado y disminuye el transmitido. La ganancia total por insolación comprenderá el calor transmitido más un 40 % aproximadamente del calor absorbido por el cristal.



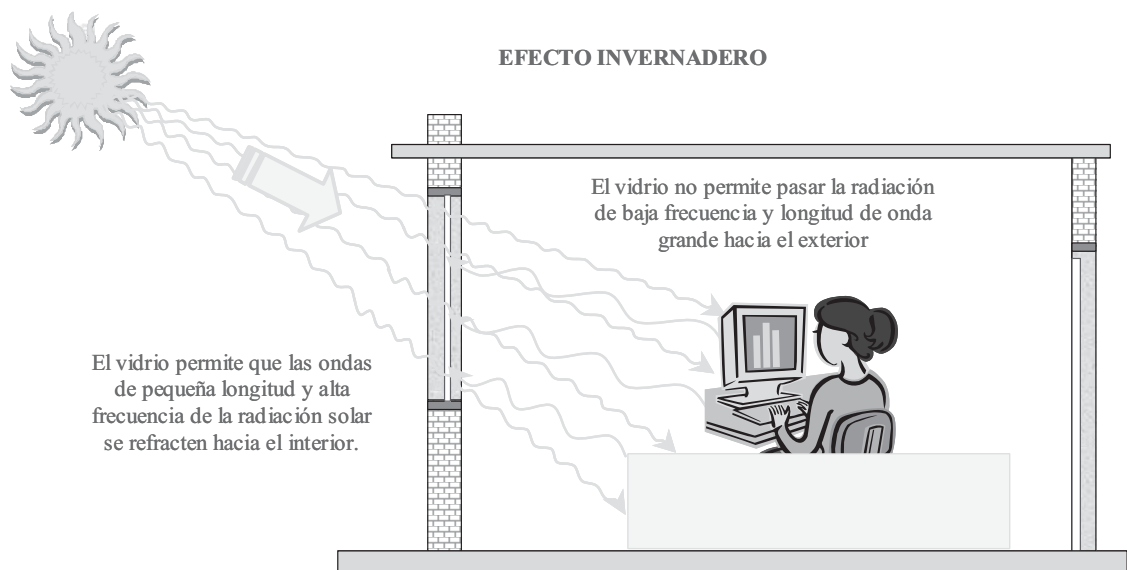
La transmisión solar a través de los vidrios comunes es prácticamente instantánea por lo cual las diferencia de temperatura para superficies vidriadas están volcadas en tablas N° 5 específicas que dan las insolaciones correspondientes a las latitudes 0°, 10°, 20°, 30°, 40° y 50° para cada mes del año y cada hora del día. Los valores de la tabla incluyen la radiación directa, la radiación difusa y la porción de calor absorbido por el vidrio que penetra en el ambiente. No incluyen la cantidad de calor que se transmite a través del vidrio debido a la diferencia de temperaturas existentes entre el exterior y el interior del mismo, cantidad que vendrá calculada aparte simplemente multiplicando la superficie del vidrio por el coeficiente de transmisión y por la diferencia de temperaturas entre aire interior y aire exterior.

Los datos de la tabla están basados en las siguientes hipótesis:

- Superficie neta del vidrio, se considera la superficie vertical y los lucernarios se considera la superficie horizontal, igual al 85 % de la superficie medida por el exterior para marcos de madera, 90% para marcos metálicos y 100% para ventanas empotradas.
- Atmósfera limpia
- A nivel del mar
- Temperatura de rocío del aire exterior igual a 292,5 °K (19,5 °C) a nivel del mar (308 °K, (35 °C) TBS y 297 °K (24 °C) TBH)

Si estas hipótesis no corresponden a las condiciones de proyecto habrá que utilizar los coeficientes de corrección correspondientes.

El vidrio permite que se refracte hacia el interior del local las ondas de pequeña longitud y de alta frecuencia de la radiación solar, además, impide casi completamente que la radiación de baja frecuencia y longitud de onda grande de las fuentes internas, tal como son la de los muebles o los ocupantes de un edificio, se refracten hacia el exterior. Este fenómeno que se conoce como efecto invernadero, es desfavorable en verano, pero muy conveniente en invierno.



- **Factores de reducción de la radiación solar a través del vidrio:** La ganancia de calor solar a través de los vidrios puede ser reducida considerablemente usando vidrios antitérmicos, estos vidrios reflejan la mayor parte de los rayos solares., con lo cual gran parte del calor no es absorbido.

En cambio las carpinterías con vidrios dobles con una cámara de aire intermedia, no reducen apreciablemente el calor por radiación pero tienen un gran poder de reductor de la transmisión (factor K).

Para disminuir el efecto de la radiación solar sobre las ventanas podemos protegerlas con toldos, cortinas exteriores tipo veneciano, parasoles, etc. Las cortinas o las persianas americanas interiores retardan el efecto de la radiación solar, pero no son tan efectivas como los toldos o las persianas exteriores.

Se debe, además, tener en cuenta la influencia de las sombras protectoras de edificios adyacentes, montañas, etc.

La tabla N° 6 agrupa factores de reducción de la radiación solar que deben aplicarse a las tablas N° 5, el caso de utilizar vidrios termoabsorbentes, persianas exteriores o interiores, etc.

La carga de transmisión por diferencia de temperaturas debe añadirse a la carga térmica radiante para determinar la carga total del vidrio.

1.2) Ganancias de calor por radiación solar y transmisión del calor a través de muros exteriores y techos:

Las ganancias de calor por transmisión a través de los muros exteriores y techos de los edificios están causadas por la radiación solar absorbida por las superficies exteriores y por la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el aire interior.

Por otra parte, las variaciones cíclicas de la radiación y de las temperaturas del aire exterior, así como la complejidad de los fenómenos que intervienen, han obligado a adoptar para el cálculo de la transmisión total del calor las llamadas diferencias de temperaturas equivalentes, definidas como las diferencias de temperaturas "ficticias" existentes entre aire exterior y aire interior que, en ausencia de cualquier intercambio por radiación, produciría a través de la estructura del edificio el mismo flujo de calor que el originado simultáneamente por la radiación solar, los intercambios por radiación con el cielo y con el ambiente exterior y los intercambios por convección con el aire exterior.

La diferencia de temperaturas equivalentes debe, pues, tener en cuenta los diversos tipos de construcción, las diversas exposiciones, la hora del día, la posición geográfica del edificio considerado, (latitud), y las condiciones de proyecto de la instalación de acondicionamiento.

Con la adopción de las diferencias de temperaturas equivalentes la transmisión de calor a través de una estructura puede calcularse recurriendo a la ecuación fundamental de transmisión del calor a través de una pared de caras planas y paralelas en condiciones de equilibrio.

$$q = k \times S \times \Delta t_e$$

Siendo:

q la cantidad de calor transmitida en [W] [Kcal/h.]

k coeficiente global de transmisión térmica de la pared en [W/m² °K] [Kcal/h m² °K]

S el área de la pared perpendicular al flujo térmico expresado en m².

Δt_e diferencia de temperatura equivalente, definida anteriormente, en °K.

Los valores de las diferencias de temperaturas equivalentes para los muros y para los techos se encuentran respectivamente en las tablas N° 9, las tablas han sido determinadas para las siguientes condiciones:

- 1) Radiación solar correspondiente a 35° de latitud Sur en el mes de enero.
- 2) Variación térmica diaria de 10,9 ° K.
- 3) Diferencia entre temperatura interior y temperatura exterior de proyecto de 10 °K.
- 4) Coeficiente de absorción de muros y techos de color claro igual a 0.50, de color medio igual a 0.70 y de color oscuro igual a 0.90.
- 5) Las horas indicadas son horas solares.

Las correcciones que acompañan a las tablas N° 8 nos permiten adaptar los valores en ellas especificados a condiciones diferentes de las anteriormente indicadas.

Las tablas tienen en cuenta también la capacidad térmica de los diversos tipos de muros y techos, prácticamente proporcionales a su peso por m². El calor específico medio de los diferentes materiales de construcción se ha supuesto igual a 0,20 W/kg °K.

Las ganancias de calor por paredes exteriores y techos se calculan a la hora de máximo flujo térmico.

Por lo que se refiere a la transmisión del calor a través de las paredes internas que dividen los ambientes acondicionados de los no acondicionados, ésta debe estar basada en la diferencia de temperatura efectiva existente entre los dos ambientes.

• **Correcciones que deben aplicarse a las tablas N° 9**

Si las condiciones consideradas son distintas de las que han servido de base a la construcción de las tablas N° 9, la nueva diferencia de temperatura equivalente podrá determinarse por la relación empírica siguiente:

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \times (R_s/R_m) \times (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

En la que:

Δt_e = Diferencia equivalente corregida..

a = Corrección proporcionada por la tabla N° 8 teniendo en cuenta:

- Un incremento distinto de 8 °K entre las temperaturas interior y exterior (esta última tomada a las 15 horas del mes considerado).
- Una variación de la temperatura seca exterior distinta de 11 °C.

Δt_{es} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared a la sombra.

Δt_{em} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared soleada (tabla N° 9).

b = Coeficiente que considera el color de la cara exterior de la pared.

Para paredes de color oscuro b = 1 (azul oscuro, rojo oscuro, marrón oscuro, etc.).

Para paredes de color medio b = 0,78 (verde, azul o gris claros).

Para paredes de color claro b = 0,55 (blanco, crema, etc.).

R_e = Máxima insolación (W/m²), correspondiente al mes y latitud supuestos, a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada, en el caso de pared, u horizontal, techo, tabla N° 5, o tabla N° 5.1

R_m = Máxima insolación (W/m²), en el mes de Febrero, a 35 de latitud Sur, a través de una superficie acristalada, vertical, para la orientación considerada, pared, u horizontal, techo, tabla N° 5, o tabla N° 5.1

NOTA:

1. Para las paredes a la sombra, cualquiera que sea su orientación:

$$\Delta t_{em} = \Delta t_{es} \text{ , de donde } \Delta t_e = a + \Delta t_{es}$$

2. La tabla N° 9 se corresponde al hemisferio Sur. Sin embargo, puede utilizarse también en el hemisferio Norte, teniendo en cuenta las siguientes equivalencias:

| Orientación hemisferio Sur | Orientación equivalente hemisferio Norte |
|----------------------------|--|
| Noreste | Sureste |
| Este | Este |
| Sureste | Noreste |
| Sur | Norte (sombra) |
| Suroeste | Noroeste |
| Oeste | Oeste |
| Noroeste | Suroeste |

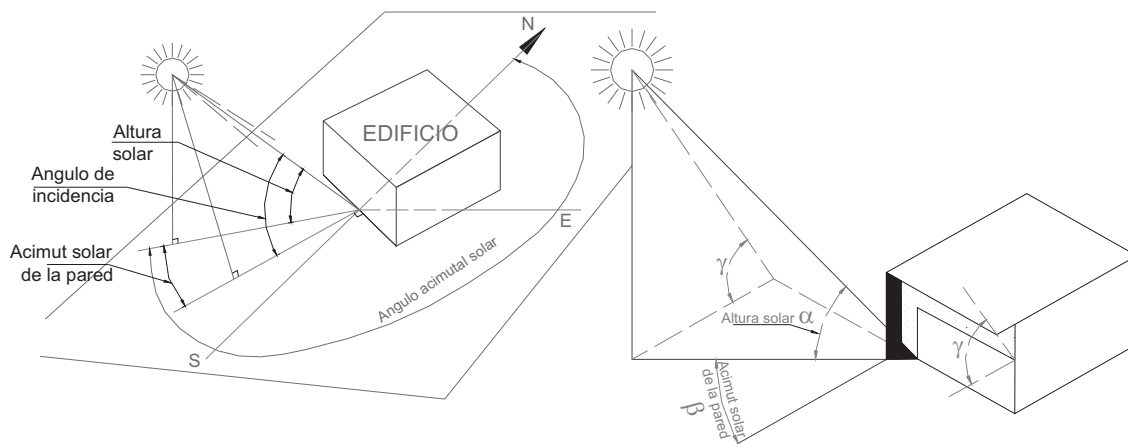
□ **Sombras proyectadas por los salientes de la ventana y edificios adyacentes:** Analizar las sombras que se proyectan sobre las ventanas de los edificios producidas por cornisas, balcones o edificios contiguos, nos permitirá reducir la carga radiante, ya que únicamente la radiación difusa afecta a la superficie del vidrio que se encuentra en sombra. La reducción de las ganancias por insolación directa es particularmente sensible en aquellos inmuebles en los que las zonas acristaladas están en un plano muy retrasado respecto a las fachadas. Las curvas del gráfico N° 1 sirven para determinar la proporción de superficie acristalada protegida de la insolación directa.

La posición del sol se define por su altura y su azimut. El azimut es el ángulo que forman dos planos verticales; el que pasa por el sol y el que pasa por el Sur terrestre. La altura es el ángulo que forma en el plano vertical la dirección del sol y el horizonte. También se puede definir la posición del sol respecto a un plano vertical, azimut solar del plano vertical, una pared, por ejemplo. Este azimut se podrá definir como el ángulo formado por el plano vertical normal a la pared y el plano vertical que pasa por el sol.

La fracción de ventana situada a la sombra de un saliente vertical, es igual al producto de la tangente del ángulo β , por la profundidad del saliente. Si éste fuera horizontal, la porción de ventana situada a la sombra es igual al producto de la profundidad del saliente por la tangente del ángulo. Este ángulo se define por la relación:

$$\text{Tg } \gamma = \text{tg } \alpha / \cos \beta$$

La parte superior del gráfico sirve para determinar la tangente del ángulo y la inferior proporciona la tangente del ángulo.



Para determinar la importancia de las sombras horizontales y verticales, procédase como sigue:

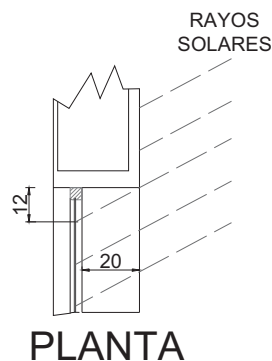
1. Determinar el Ángulo acimutal δ y el ángulo de altitud solar α utilizando la tabla N° 7

2. Acotar el azimut del sol en el eje de ordenadas de la parte superior del gráfico.
3. Trazar una horizontal que pase por la ordenada acotada. Esta recta corta a la curva correspondiente a la orientación considerada.
4. Determinar la ábcisa de ese punto.
5. Multiplicar esta abscisa por la profundidad del saliente, vista en planta.
6. Acotar la altura del sol en la escala de ordenadas de la parte inferior del gráfico N° 7
7. Trazar la horizontal que pase por esa ordenada. Esta recta corta a la recta inclinada a 45°, que corresponde a la abscisa obtenida anteriormente en el apartado 4.
8. Determinar la abcisa de esta intersección.
9. Multiplicar esta abscisa por la profundidad del saliente, vista en alzado.

Ejemplo 1

Datos: Ventana con marco de acero orientada al Oeste, 40° de latitud Sur.

Determinar: Sombras producidas por las cornisas a las 14 horas del 21 de enero.



Solución:

Angulo acimutal 242 (Tabla N° 7).

Angulo de altitud solar 57° (Tabla N° 7).

Del diagrama N° 1 obtenemos:

Sombreado lateral $0,6 \times 20 = 12$ cm.

Sombreado vertical $1,8 \times 20 = 36$ cm.

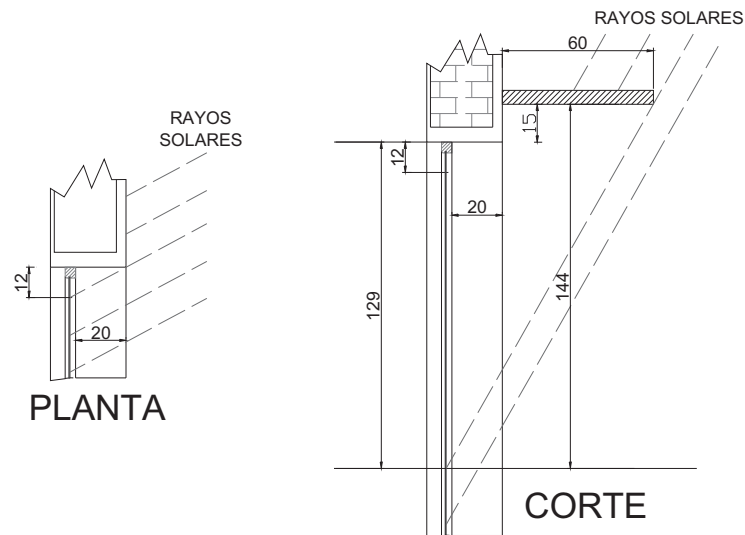
Ejemplo 2:

Sombras producidas por una cornisa y por una ménsula de 60 cm situada sobre la ventana.

Datos: Como los indicados en el ejemplo precedente pero con una ménsula de 60 cm situada 15 cm por encima de la ventana.

Determinar: Sombras producidas por la cornisa y por la ménsula a las 14 horas del 21 de enero, 40° latitud Sur.

Solución:



Sombras laterales

$$0,6 \times 20 = 12 \text{ cm.}$$

Sombras verticales

$$1,8 \times (60 + 20) = 144 \text{ cm.}$$

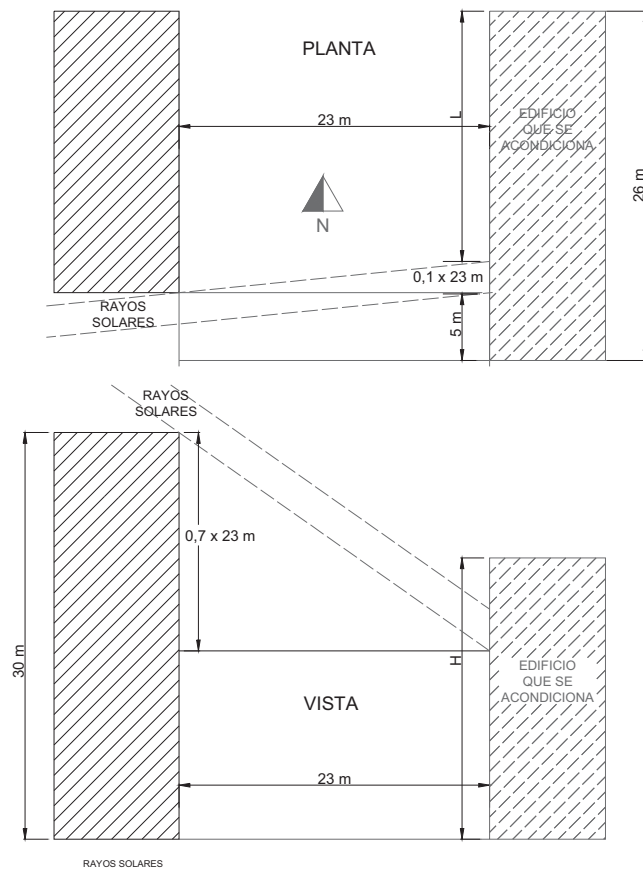
Como la ménsula está situada 15 cm por encima de la ventana la porción de ésta que se encuentra sombreada será de $144 - 15 = 129 \text{ cm.}$

Ejemplo 3

Sombras producidas en un edificio por los edificios adyacentes

Datos: Edificios situados como en la figura, 40° de latitud Sur.

Determinar: Sombras a las 16 horas del 21 de enero sobre el edificio a acondicionar.



Solución: Se recomienda dibujar en escala plantas y alzados de los edificios con la posición del sol.

Angulo acimutal : 267°

Angulo de altitud solar : 35°

Del diagrama 1:

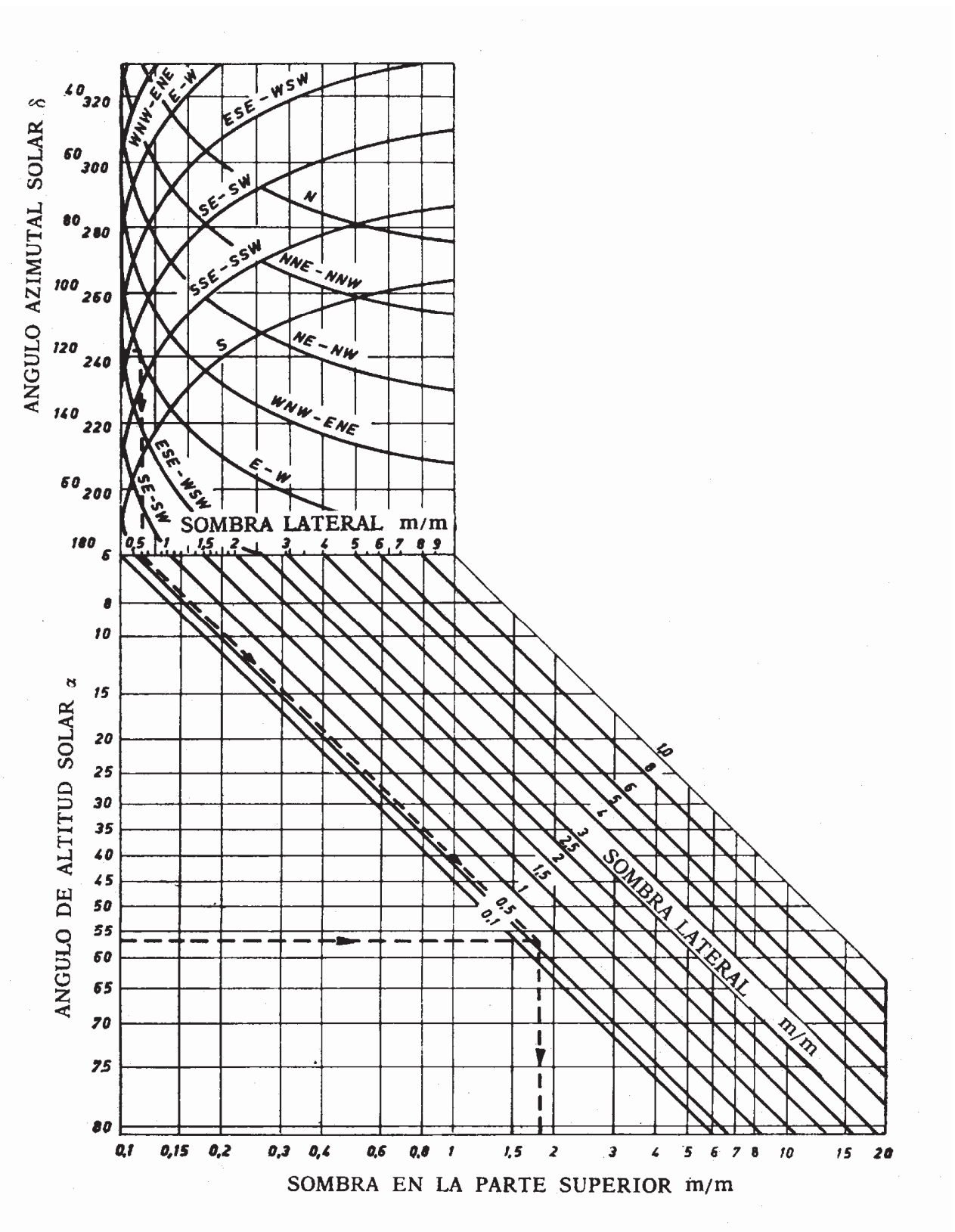
Sombreado lateral 0,1 m/m.

Sombreado vertical 0,7 m/m.

Longitud del edificio en sombra: $L = 26 - 5 - (0,1 \times 23) = 18,7 \text{ m.}$

Altura del edificio en sombra: $H = 30 - (23 \times 0,7) = 30 - 16,1 = 13,9 \text{ m.}$

GRAFICO N° 1



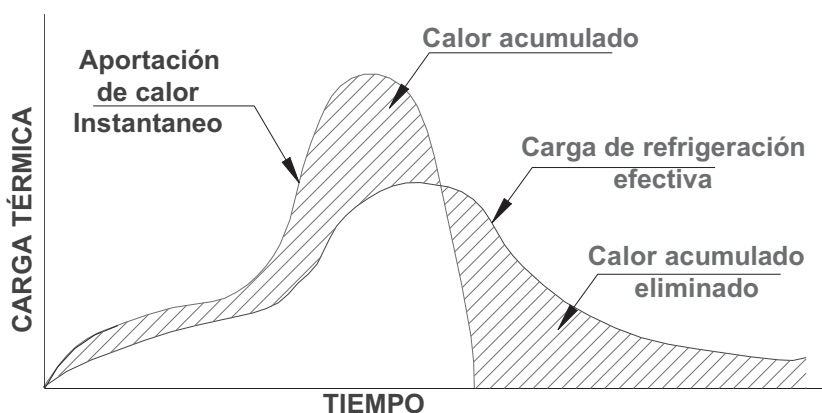
❑ **Acumulación de calor radiante en las estructuras de los edificios**

En los párrafos precedentes se han suministrado los datos necesarios para determinar las aportaciones de calor instantáneas debidas a la radiación solar. Dichos datos son empleados para el cálculo térmico de las instalaciones de acondicionamiento del aire, siguiendo el método normalmente utilizado

La radiación al incidir sobre una pared o techo es absorbida por su superficie elevando su temperatura por encima de la del aire ambiente.

La diferencia de temperatura así creada provoca un flujo de calor hacia el interior del material de la estructura por conducción y hacia el aire ambiente por convección. La porción de calor transmitida por conducción se acumula en la pared o techo y sólo la porción transmitida por convección al aire ambiente representa una carga instantánea para la instalación.

Este fenómeno puede estudiarse mejor con ayuda de la figura



Carga real de refrigeración por radiación solar -exposición Oeste- Construcción de tipo medio

1960 Carrier - Corporation Reproducción autorizada de Carrier Corporation, Syracuse, New York U.S.A.

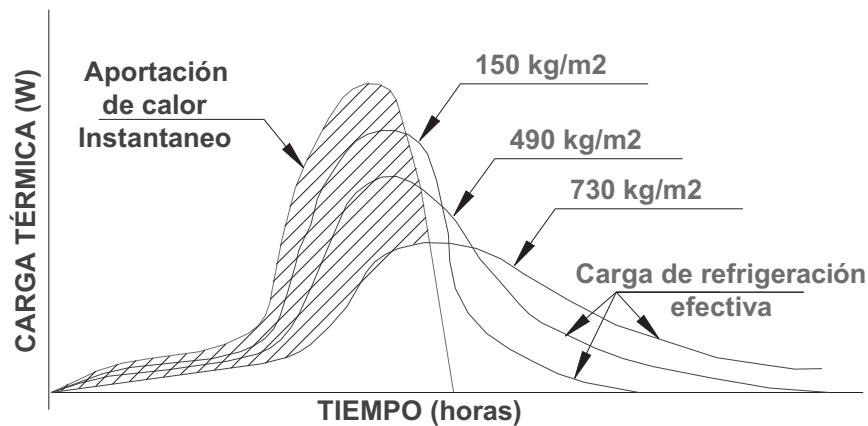
La curva superior representa la radiación instantánea, mientras que la curva inferior representa la carga térmica efectiva de una instalación capaz de mantener una temperatura ambiente constante.

Obsérvese que la carga máxima efectiva es igual aproximadamente al 60 % de la carga instantánea a través del vidrio, y que dicho máximo se verifica con un cierto retraso a causa del fenómeno de acumulación anteriormente explicado. Las superficies rayadas representan el calor acumulado y el calor acumulado eliminado del ambiente.

Como todo el calor que entra en el ambiente debe ser eliminado, es claro que las dos áreas rayadas deben ser equivalentes.

Debe notarse que el mayor o menor peso de la construcción tiene una influencia directa sobre el fenómeno de la acumulación que depende obviamente de la capacidad térmica de las estructuras que limitan los locales.

En la figura siguiente, la curva superior representa la radiación instantánea, mientras que las tres curvas inferiores representan, respectivamente, la carga térmica efectiva en el caso de construcciones ligeras, medias o pesadas.

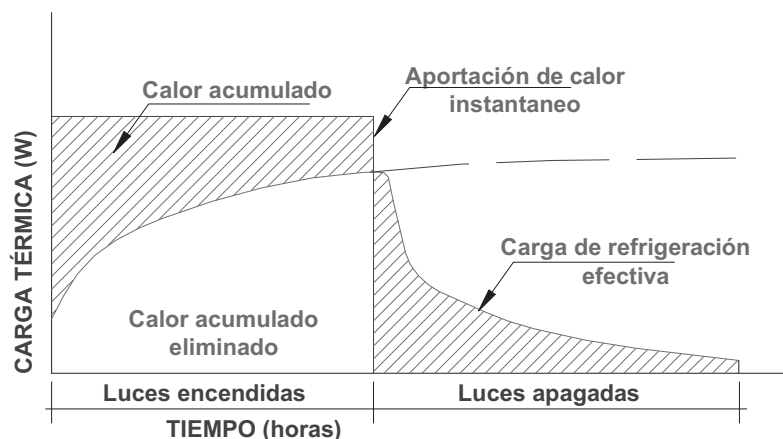


Carga de refrigeración efectiva por radiación solar. Construcciones de tipo ligero, medio y pesado

1960 Carrier - Corporation Reproducción autorizada de Carrier Corporation, Syracuse, New York U.S.A.

Las curvas nos permiten apreciar que a los edificios de construcción ligera les corresponden cargas térmicas efectivas más rápidamente variables y con máximos más marcados, por lo tanto, para estos edificios, el problema de la división en zonas deberá ser estudiado muy cuidadosamente.

También la carga térmica debida a la iluminación interna, en su mayor parte carga radiante, está sujeta a los mismos fenómenos de acumulación que los indicados en el caso de la radiación solar. Lo mismo puede decirse para el calor sensible emitido por las personas.

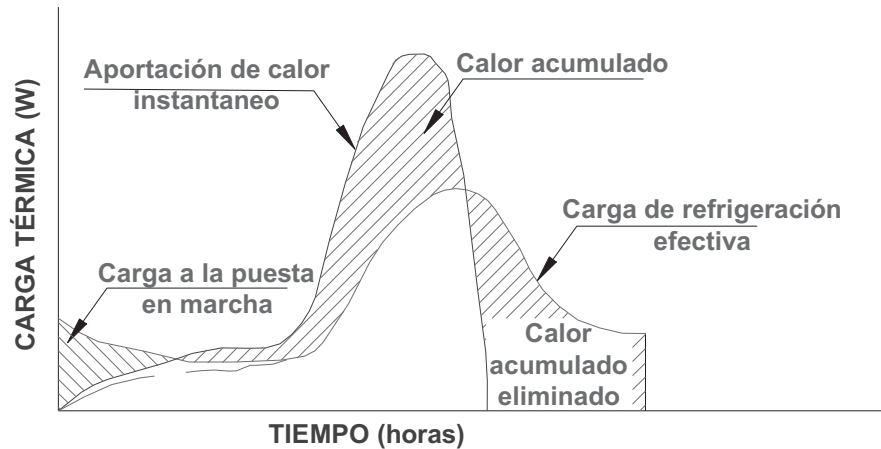


Carga de refrigeración efectiva para la iluminación fluorescente. Construcción de tipo medio.

1960 Carrier - Corporation Reproducción autorizada de Carrier Corporation, Syracuse, New York U.S.A.

Otro factor que afecta al fenómeno de la acumulación es el tiempo de funcionamiento de la instalación de acondicionamiento del aire.

Las curvas de las figuras precedentes, están referidas a un periodo de funcionamiento de la instalación de veinticuatro horas.



Carga de refrigeración efectiva debida a la radiación solar. Exposición Oeste. 16 horas de funcionamiento

1960 Carrier - Corporation Reproducción autorizada de Carrier Corporation, Syracuse, New York U.S.A.

Si la instalación de acondicionamiento funciona durante un tiempo menor, por ejemplo dieciséis horas, una parte del calor acumulado permanece en la pared o techo del edificio una vez parada la instalación y aparecerá como una carga adicional en la nueva puesta en marcha de la misma, como se pone de relieve en la figura.

Lo mismo sucede con el calor emitido por las luces y por las personas.

Muchas veces suele aprovecharse este efecto para diseñar un equipo más económico, menor carga máxima, pero trabajando la mayor parte del día, lo que permite un subenfriamiento del edificio cuando las cargas no existen o son mínimas, que contrarrestan los picos máximos.

4.7.2 GANANCIAS DE CALOR POR TRANSMISIÓN

Las pérdidas de calor por transmisión en régimen estacionario de cada una de las superficies interiores, paredes, carpinterías, etc., y superficie vidriada exterior del local considerado se calculan, según las leyes de la transmisión, mediante la siguiente fórmula:

Fórmula:

$$Q_t = K \times S \times (t_e - t_i)$$

Simbología

K : coeficiente total de transmisión de calor

S : área considerada

t_i : temperatura del aire interior

t_e : temperatura del aire exterior

Unidades

K [W/m² K]

S [m²]

t_i, t_e [°K]

Cuando los elementos del contorno del local estudiado limitan locales no refrigerados, la temperatura de dichos locales deben estimarse en función de las características del mismo y su vinculación con el exterior, la temperatura que se adopta es de 3 a 5 grados menos que la temperatura exterior.

La suma de todas las pérdidas individuales de cada uno de los elementos del contorno del local representa la pérdida total de calor por transmisión de todo el local Q_T en régimen estacionario de modo que:

$$Q_T = \sum Q_t \quad [\text{frigorías/hora}]$$

4.7.3 GANANCIA DE CALOR POR AIRE EXTERIOR

El aire exterior que introduzcamos al sistema de aire acondicionado es una carga relevante para el sistema de aire acondicionado y el sistema de calefacción por aire caliente, debido que en ambos casos incorporamos aire exterior.

Introducimos aire exterior al sistema para renovar el aire ambiente y además, provocar una sobrepresión en el local a fin de que el sistema funcione correctamente. La renovación del aire de circulación en el local es a fin de evitar el viciamiento producido por humo del tabaco, olores producidos por la permanencia de las personas, olores por los alimentos, por la recirculación del aire dentro del local, etc. Este aire nuevo es uno de los requisitos básicos que debe cumplir una eficiente instalación de aire acondicionado.

El mínimo caudal de aire de ventilación a introducir es de $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$ por persona, el aconsejado es de $13 \text{ m}^3/\text{h}$ por persona, se corresponde a un individuo cada $4,5$ a 7 m^2 de superficie y $2,5 \text{ m}$ de altura. Si la densidad es mayor debe aumentarse este mínimo. La supresión de olores de tabaco necesita de 25 a $42 \text{ m}^3/\text{h}$ por fumador.

El aire que penetra al local debe salir o ser extraído por el sistema de acondicionamiento. Por lo tanto, si no existe ningún medio para extraerlo ese aire crea una sobrepresión en los locales acondicionados, eliminándose entonces por filtración a través de las hendiduras de las carpinterías interiores, exteriores y de las rejillas de retorno de aire. Es decir, que el efecto de sobrepresión que crea el sistema reduce la entrada de polvo desde el exterior, dado que el aire fluye hacia afuera. Entonces el aire nuevo que penetra al sistema genera en los locales una sobrepresión, que hace filtrar el aire del interior hacia el exterior, **por lo que no se calculan las infiltraciones a través de las aberturas.**

En verano la ganancia de calor que produce la incorporación de aire exterior que la toma directamente el equipo acondicionador, estará constituida por la suma de la **cantidad de calor del aire seco, más la cantidad de calor del vapor de agua de la mezcla.**

- **Calor sensible del aire seco exterior**

Fórmula:

$$Q_{sa} = C_e \times p_e \times C_a \times (t_e - t_i)$$

Simbología:

$$\begin{aligned} Q_{sa} &= \text{calor sensible del aire exterior} \\ 0,35 \text{ W h/m}^3 \text{ K} &= \text{factor que reemplaza a } (C_e \times p_e) \\ C_a &= \text{caudal de aire exterior} \\ t_e &= \text{temperatura exterior} \end{aligned}$$

t_i = temperatura interior

Unidades:

| | |
|------------|---------------------|
| Q_{sa} | [W] |
| Ca | [m ³ /h] |
| t_e, t_i | [°K] |

• Calor, latente del aire exterior

El calor latente del aire exterior es igual al calor total del vapor de agua del aire, que es la suma del calor sensible del líquido, más el calor latente del vapor de agua, más el calor sensible de recalentamiento.

Fórmula:

$$QLa = L \times Ca \times pe \times (Hae - Hai)$$

Simbología:

QLa = calor latente del aire exterior

L = calor latente de vaporización a la temperatura que se produce la misma, por Kg de aire seco.

pe = peso específico del aire a la temperatura interior

0,8 W h/m³ K = factor que reemplaza a (**L x pe**)

Ca = caudal de aire exterior

Hae = humedad específica del aire exterior

Hai = humedad específica del aire a la temperatura interior

Unidades:

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| QLa | [W] |
| L | [KJ/Kg] |
| Ca | [m ³ /h] |
| pe | [Kg/m ³] |
| Hae, Hai | [g de vapor de agua/Kg aire seco] |

El caudal aire exterior que introduzcamos al sistema de aire acondicionado será entonces debido a las siguientes razones:

a) Para generar una sobrepresión en el local, a los efectos de que funcione correctamente el sistema de aire acondicionado, se eliminan las infiltraciones de aire exterior a través de las carpinterías.

b) Por condiciones de salubridad, higiene y confort, de acuerdo a las reglamentaciones vigentes. Exigiéndose condiciones de ventilación mínimas, que dependerán del uso que se le de al local. Pudiéndose estimarse de acuerdo a que se requiera:

b-1) Renovaciones horarias del local o caudal de aire mínimo por persona.

b-2) Contenido máximo de anhídrido carbónico.

b-3) Temperatura límite del local.

• **Cálculo del caudal de aire exterior**

Para estimar el caudal de aire exterior a incorporar al sistema de acondicionamiento podremos utilizar los siguientes métodos:

a) **Método de los porcentajes de aire**

Consiste en establecer la cantidad de aire exterior a introducir al sistema de acondicionamiento como porcentaje de aire total recirculado.

Así puede establecerse los siguientes valores:

Porcentajes de aire exterior de ventilación con respecto al aire en circulación:

| | |
|--|-----------|
| Locales con muchas personas – Ocupación alta | 25% a 30% |
| Locales para edificios de oficinas – Ocupación media | 15% a 25% |
| Locales para edificios de vivienda – Ocupación baja | 15% a 20% |

Estos valores son dados por la práctica y deben valorarse en función de la experiencia del proyectista.

El porcentaje mínimo es de un 10%, dado por la falta de hermeticidad de las persianas y conductos, ese mínimo de aire siempre penetra en el sistema.

Para calcular esa cantidad de aire hay que conocer cual es el caudal de aire recirculado, para ello es necesario conocer la ganancia total de calor sensible, con lo cual necesitamos calcular las cargas térmicas del local. Como primera aproximación, estimaremos que el aire que introduzcamos al sistema queda determinado solamente por las condiciones de higiene, salubridad y confort, para posteriormente, con la cantidad de calor sensible, determinar el caudal de aire exterior necesario para generar la sobrepresión necesaria para que el sistema funcione.

Luego los comparamos entre si. Si el caudal de aire para generar la sobrepresión en el local fuera mayor, debemos adoptarlo como aire de ventilación, modificándose entonces las cargas sensibles y latentes del balance térmico.

$$Q_s = 0,35 \times (t_e - t_i) \times a\%$$

$$[m^3/h] = [W / (W h / m^3)]$$

b) **Método renovaciones horarias o caudales de aire mínimo por persona.**

Una manera práctica para la estimación del caudal de aire necesario de ventilación es por el método de las renovaciones horarias, para ello se estima de acuerdo al uso del local, la cantidad de veces que es necesario renovar el volumen de aire del local por hora, complementando en algunos locales con caudales por personas mínimo, tabla N° 10.

$$Ca = N^{\circ} \text{ personas} \times (m^3/h \times N^{\circ} \text{ de personas})$$

Se debe verificar que cumpla con las renovaciones horarias, tabla N° 10A.

$$Ca = N^{\circ} \text{ de renovaciones/h Volumen del local}$$

c) **Método contenido máximo de anhídrido carbónico.**

Una de las causas más generalizadas de alteración de la condición del aire es el contenido de anhídrido carbónico como consecuencia del proceso respiratorio.

La ganancia del aire del local de anhídrido carbónico expelido por la respiración supone una disminución de oxígeno del mismo.

En general cada persona, en reposo desprende un volumen de aproximadamente de un 4 % en CO₂ de volumen total respirado, siendo el contenido promedio del aire exterior del 0,04 %.

Puede establecerse que la proporción máxima no debe exceder del 0,14 % del volumen del aire.

El caudal de aire a introducir está determinado por la fórmula:

$$Ch = n \times c / (al - av)$$

Ch = caudal de aire de ventilación

n = número de personas

c = caudal medio de anhídrido carbónico por las personas

al = porcentaje de CO₂ admisible en el local (%)

av = porcentaje de anhídrido carbónico que contiene el aire de ventilación

Considerando que una persona adulta normal respira alrededor de 0,5 m³/h, y adoptando los porcentajes mencionados precedentemente, el caudal de aire, de ventilación por persona valdrá:

$$Ch = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

De esa manera, la cantidad necesaria de aire por persona para que el contenido de anhídrido carbónico no supere los límites tolerables, debe ser de 20 m³/h.

Estos valores corresponden si el local está ocupado continuamente.

Generalmente teniendo en cuenta un cierto grado de personas fumando en los locales, se establecen caudales mínimos de aire nuevo.

En la práctica suele adaptarse en los proyectos un caudal de aire de ventilación mínimo de 20 m³/h por persona, para los casos comunes.

En los cálculos siempre es necesario verificar si se cumple con los requisitos de ventilación mínimos, que suelen establecerse reglamentariamente, por los códigos técnicos o la ley de seguridad e higiene en el trabajo para aplicaciones industriales.

$$Ca = N^{\circ} \text{ de personas} \times Ch$$

Ch de reglamentos

d) **Método de temperatura límite.** (Lo utilizamos cuando queremos ventilar solamente)

Es un procedimiento práctico que permite, en forma directa y sencilla determinar o tener una idea aproximada de la cantidad de aire necesario para ventilar un local. Para ello se establece la diferencia entre la temperatura máxima que se produce en el local en 1 hora y la exterior, dividiendo luego el resultado por el aumento máximo de temperatura que se aceptaría.

Por ejemplo, si tomamos un local donde la temperatura interior llega a 309 °K (36 °C), si la exterior a la sombra es de 303 °K (30 °C). Si se desea que la diferencia de temperatura no sea mayor de ½ °K la cantidad de aire a renovar en el local por hora valdrá:

$$(309 \text{ °K} - 303 \text{ °K}) / \frac{1}{2} \text{ °K} = 12 \text{ renovaciones/hora}$$

El caudal total de aire a suministrar dependerá del volumen del local.

$$Ca = N^{\circ} \text{ de renovaciones/hora} \times \text{Volumen del local}$$

Cabe aclarar que, además, el aire de ventilación debe analizarse con detenimiento, los casos particulares de cada aplicación. Por ejemplo en un local de un hospital con enfermos infecciosos, se requiere un 100 % de aire exterior.

4.7.4 GANANCIAS INTERIORES DE CALOR

Se denominan ganancias interiores a las cantidades de calor latente y sensible que se producen en el interior de los locales acondicionados emitidas por los ocupantes, el alumbrado, aparatos diversos, motores, etc.

□ **Ganancias de calor por los ocupantes**

Los ocupantes del local disipan calor a través de la epidermis. Cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad que desarrolla.

Lo disipan:

- 1) Hacia las paredes del local por radiación.
- 2) Hacia el aire ambiente por convección en la epidermis y vías respiratorias.
- 3) Hacia el aire ambiente por evaporación, en la epidermis y vías, respiratorias.

Las cantidades de calor cedido por las personas en varios tipos de actividades han sido tabuladas sobre la base de una temperatura ambiente de 299,7 °K (26,7 °C) de bulbo seco, y para una persona de 70 °Kg de 1,75 m de altura. Si modificamos la temperatura del bulbo seco de referencia por ejemplo si disminuye a 298,7 °K (25,6 °C), el calor total, suma del calor latente y sensible permanece igual, pero habrá aumentado el calor sensible aproximadamente un 10% mientras que el calor latente ha disminuido en igual proporción.

Las ganancias de calor por ocupantes han sido volcadas en la tabla N° 11.

Calor sensible por personas

$$Q_{sp} = N^{\circ} \text{ de personas} \times q_{sp} \quad (\text{de tabla según actividad})$$

Calor latente por personas

$$Q_{lp} = N^{\circ} \text{ de personas} \times q_{lp} \quad (\text{de tabla según actividad})$$

□ **Ganancias de calor por iluminación**

La iluminación constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción.

Las lámparas incandescentes disipan una cantidad de calor de 0,86 Kcal/h por cada watts de potencia.

Las lámparas fluorescentes emiten un 25% más de calor que las lámparas incandescentes.

| TIPO | GANANCIAS SENSIBLES kcal/h | GANANCIAS SENSIBLES W |
|----------------------|--|------------------------------------|
| Fluorescente | Potencia útil vatios $\times 1,25 \times 0,86$ | Potencia útil vatios $\times 1,25$ |
| Incandescente | Potencia útil vatios $\times 0,86$ | Potencia útil vatios |

Calor, sensible por iluminación

Lámparas incandescentes

$$Q_{si} = N^{\circ} \text{ de watts} \quad [W]$$

Lámparas fluorescentes

$$Q_{sf} = N^{\circ} \text{ de watts} \times 1,25 \quad [W]$$

El calor proveniente de la iluminación se encuentra entre los 10 w a 50 w por metro cuadrado de superficie del local, dependiendo del uso que se le dé al local y del tipo de artefacto de iluminación instalado.

En los ambientes oficina varía de 10 W a 15 W por m² de superficie. Pero debido al aumento de la aplicación de computadoras, se tornan entre 20 a 25 W/m².

□ Ganancias de calor por motores

Los motores eléctricos constituyen fuentes de ganancias sensibles por el hecho de transformar una parte más o menos grande de energía absorbida en calor. En la carcasa, el calor que se disipa es igual:

$$Q_M = \text{Potencia absorbida} \times (1 - \text{rendimiento del motor})$$

El resto de la potencia absorbida, es utilizada por la máquina conectada al motor y por la transmisión. La máquina utiliza la potencia útil para efectuar un trabajo que podrá o no contribuir a las ganancias de calor.

Si las potencias se expresan en vatios y el motor y la máquina acoplada están dentro del local, la ganancia correspondiente expresada en [W] será de 1 W por cada vatio de potencia.

Si la máquina está en el local y el motor en el exterior, multiplicar el producto anterior por el rendimiento del motor.

Si la máquina está en el exterior las ganancias en [W] se expresarán por la potencia absorbida en vatios, multiplicada por 1 x (1 - rendimiento).

La potencia real absorbida por un motor eléctrico no es forzosamente el cociente de su potencia nominal por su rendimiento. Puede funcionar con sobrecargas o a potencia reducida y por eso es recomendable no limitarse a estimar la potencia absorbida, sino medirla en los casos en que pueda hacerse. Esto es interesante en instalaciones industriales en las que el calor debido a las máquinas constituye una fracción importante de las cargas térmicas.

Las ganancias de calor por motores eléctricos están volcadas en la tabla N° 12 según su ubicación.

Calor sensible por motores

$$Q_{sM} = \Sigma N^{\circ} \text{ de, motores} \times Q_{sm} \quad (\text{tabla según potencia y ubicación})$$

□ Ganancias de calor por otras fuentes

Las ganancias de calor sensible y latente producidas por otras fuentes situadas en el interior del local nos exigen que conozcamos sus características y tiempo de funcionamiento. Los aparatos eléctricos sólo emiten calor latente en función de su utilización (cocción, secado, etc.) mientras que, a causa de la combustión, los aparatos a gas producen calor latente suplementario. En todos los casos se produce una disminución de ganancia de calor, tanto sensible como latente, por medio de campanas de extracción ventiladas mecánicamente y bien concebidas, (podemos estimar que solamente el 50% de la ganancia de calor generado por el equipo es disipado al ambiente).

Las ganancias de calor por aparatos están volcadas en la tabla N° 13 que fue aportada por sus fabricantes.

4.7.5 ADICIONAL A LAS GANANCIAS DE CALOR SENSIBLE Y LATENTE DEL LOCAL

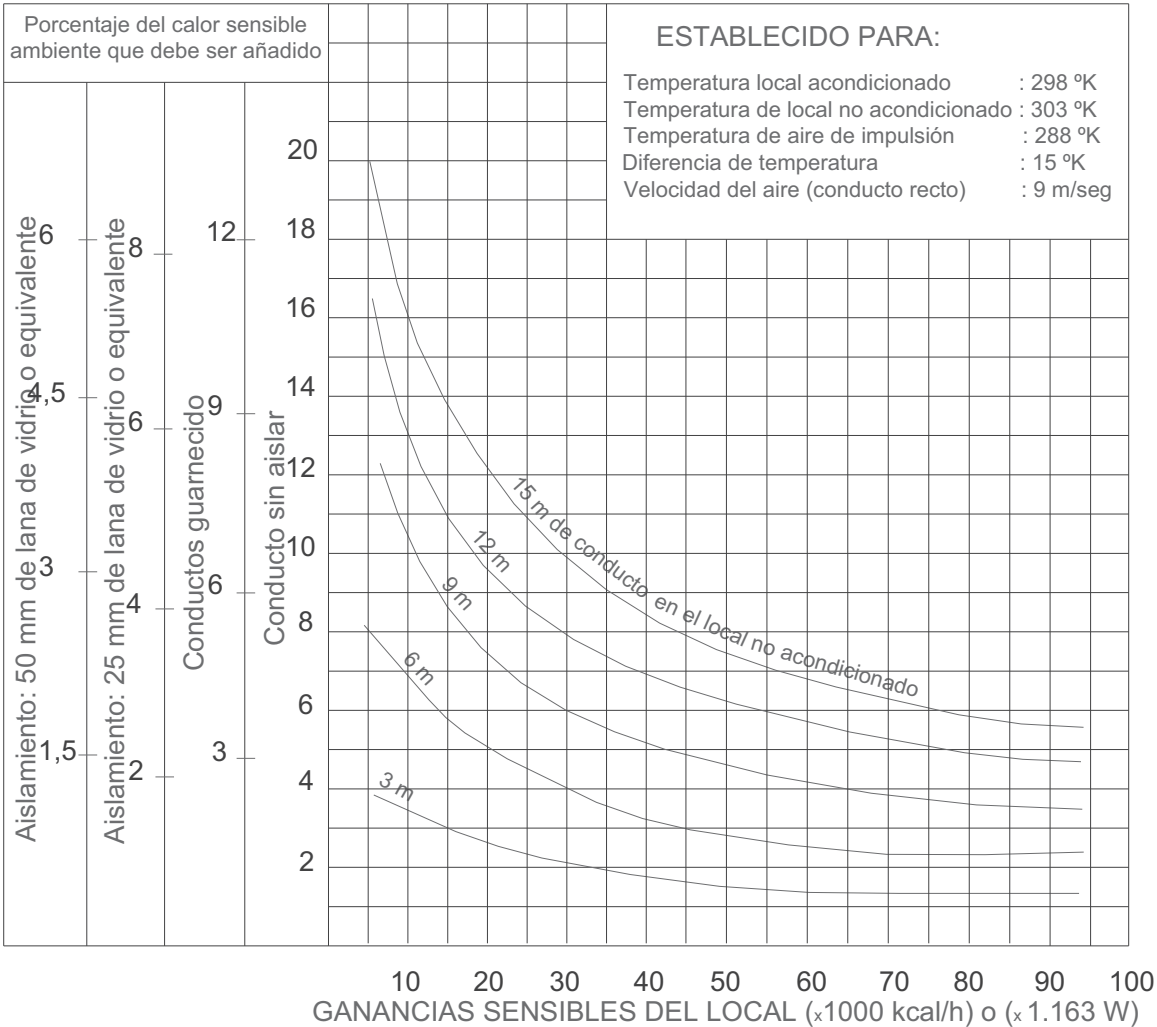
Puede ser necesario aplicar un adicional de seguridad a las ganancias sensibles de un local, como objeto de compensar ciertos elementos mal o deficientemente conocidos como son:

- Las ganancias que corresponden al calentamiento del aire en los conductos.
- Las ganancias equivalentes en las fugas.
- Las ganancias en el ventilador.
- Por seguridad del sistema.
- Ganancias de calor que corresponden al calentamiento del aire en los conductos.

El aire enviado a los ambientes acondicionados se encuentra normalmente a una temperatura que oscila entre los 283 °K (10 ° C) y los 288 ° K (15 ° C).

En el recorrido de los conductos de distribución del aire acondicionado principalmente por ambientes no acondicionados provoca un aumento de la temperatura de dicho aire. Podemos considerar de manera ficticia como un aumento de calor sensible ambiente, a su vez, obligará a aumentar el caudal de aire de impulsión para compensar esta ganancia.

El siguiente diagrama nos permite determinar el porcentaje que debe ser añadido al calor sensible ambiente para tener en cuenta el calentamiento del aire en los conductos.



Coeficiente de corrección
para diferentes valores de velocidad
del aire y de la temperatura

| Diferencia de temperatura °K | Velocidad en el conducto (m/seg) | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 |
| 10 | 0,90 | 0,74 | 0,68 | 0,64 | 0,55 | 0,45 |
| 15 | 1,34 | 1,08 | 1,00 | 0,96 | 0,82 | 0,67 |
| 20 | 1,80 | 1,43 | 1,33 | 1,27 | 1,09 | 0,89 |
| 25 | 2,23 | 1,78 | 1,67 | 1,58 | 1,36 | 1,11 |
| 30 | 2,69 | 2,12 | 2,00 | 1,89 | 1,63 | 1,33 |

Coeficiente de corrección para
diferentes valores de la temperatura
en el local acondicionado

| Temperatura interior (°K) | Coeficiente |
|------------------------------|-------------|
| 297,0 | 0,946 |
| 297,5 | 0,972 |
| 298,0 | 1,000 |
| 298,5 | 1,028 |
| 299,0 | 1,055 |
| 299,5 | 1,082 |
| 300,0 | 1,110 |

Obsérvese que si el conducto no aislado recorre un ambiente acondicionado, el calentamiento del aire no debe ser añadido a la carga térmica de la instalación, pero obligará a estudiar cuidadosamente la distribución de los caudales de aire en los diferentes ambientes.

- **Ganancias por fugas de aire en los conductos de impulsión:** Las fugas de aire frío y deshumidificado de los conductos de impulsión, si se verifican en ambientes acondicionados, pueden, lógicamente, no ser tomadas en consideración por lo que respecta al cálculo térmico.

Si las fugas se verifican en los falsos techos enfrían los mismos y, por lo tanto, no es necesario tener en cuenta el calentamiento del aire en los conductos.

Si los conductos efectúan todo su recorrido por ambientes no acondicionados y el sistema de distribución es bastante largo, la pérdida de aire puede, en muchos casos, alcanzar el 10 % del caudal total.

En el caso de conductos a alta presión estas fugas no son admisibles ya que estos conductos deben ser construidos de manera que éstas no existan.

- **Ganancias en el ventilador:** La potencia empleada para el accionamiento del ventilador se transforma en calor que eleva la temperatura del aire. Este calor puede, para los efectos del cálculo, considerarse como parte del calor sensible ambiente si el ventilador está situado detrás de las baterías de refrigeración.

Si el ventilador se encuentra delante de éstas, el calor debido al ventilador entra a formar parte de la carga frigorífica, (calor total general), pero no del calor sensible ambiente.

La tabla N° 14 nos permite determinar el calor producido por los ventiladores expresados en porcentajes del calor sensible ambiente.

Para la aplicación de la misma se podrán suponer las siguientes presiones totales de los ventiladores:

- Instalación sin conductos: de 12 a 25 mm de columna de agua.
- Instalación a baja velocidad con conductos cortos: de 18 a 36 mm de columna de agua.
- Instalación a baja velocidad con conductos largos: de 30 a 50 mm de columna de agua.
- Instalación a alta presión con conductos cortos: de 50 a 100 mm de columna de agua.
- Instalación a alta presión con conductos largos: de 75 a 150 mm de columna de agua.

- **Por seguridad del sistema:** Generalmente se toma como adicional del calor sensible un 10% del calor sensible total.

Para calcular, el adicional del calor latente, debemos tomar solamente los adicionales producidos por las fugas en los conductos y el coeficiente de seguridad adoptado. Por lo general se toma un 5% del calor latente total como adicional.

En el cálculo de la carga de refrigeración de los edificios debe cuidarse de no sumar los máximos de cargas de refrigeración de los distintos ambientes que se producen a las distintas horas del día, sino sumar las cargas hora a hora de los distintos locales, obteniéndose un máximo para el edificio. Con ello se compensan automáticamente el corrimiento de fase entre las distintas direcciones geográficas.

4.8 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LAS CARGAS DE REFRIGERACIÓN

1) CONDICIONES DE DISEÑO

- **Exteriores:** Con la ubicación y la latitud del local, se obtiene de la tabla N° 1 correspondiente la temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, entrando en el diagrama psicrometrico determinamos la humedad relativa y la humedad absoluta, de diseño exteriores.
- **Interiores:** De acuerdo con la ocupación del local se determina de la tabla N° 2 correspondiente, la temperatura de bulbo seco y humedad relativa aconsejables para que el ambiente sea confortable de acuerdo a la actividad que se desarrolla.

Además de acuerdo al proyecto constructivo y a la documentación técnica obrante, se podrá determinar, la orientación de los locales, el uso de cada uno, materiales, espesores y características de los elementos del contorno, (paredes, techos, carpinterías, textura exterior, etc.), iluminación, etc.

2) CARGAS EXTERNAS

2.1 Ganancias por radiación

□ **Ganancias de calor por la radiación solar a través de ventanas, claraboyas o lucernarios:**

Esta ganancia tiene en cuenta la energía que llega al local procedente de la radiación solar que atraviesa los elementos transparentes a la radiación, (cristales de ventana, claraboyas, etc.).

$$Q_r = \Sigma S \times tr \times f$$

S Área neta de cada uno de los elementos estudiados

tr Máxima aportación de calor a través del vidrio sencillo

f Factor de protección

Determinación de tr (salto de temperatura por efecto de la radiación solar):

Entrando a la tabla N° 5 con la latitud, la época del año y la orientación saco la aportación solar par distintas horas, si tiene protección o es un vidrio especial se lo afecta por el factor de la tabla N° 6 según corresponda.

Se debe calcular para cada orientación la ganancia de calor según las distintas horas del día, de acuerdo al uso horario del local. Debiéndose adoptar el valor máximo y determinar a que hora se produce.

□ **Ganancias de calor por radiación y transmisión de calor a través de Paredes exteriores y techos:**

Esta ganancia tiene en cuenta la energía que llega al local procedente de la radiación solar y transmisión que atraviesa los elementos opacos externos del local, (paredes externas y techos).

Entrando a la tabla N° 9 con la latitud, temperatura exterior, salto térmico, temperatura interior, color del muro o techo, peso del muro o techo, se determina para las distintas horas y orientaciones, el salto térmico equivalente t_e , las tablas ya contemplan el efecto de variabilidad de la carga térmica, y el desfase en la transmisión del calor hacia el interior del local.

$$Q_r = \Sigma K \times S \times t_e$$

K de tablas extractadas de la norma IRAM 11.601
 S área neta de cada uno de los elementos estudiados
 t_e diferencia de temperatura equivalente

2.2 Ganancias por transmisión

□ **Ganancias de calor por transmisión de calor a través de Ventanas, claraboyas, lucarnas, paredes y techos interiores:**

Esta ganancia tiene en cuenta la energía que llega al local procedente transmisión que atraviesa los elementos internos, (paredes y techos, internos), y se incluyen las superficies vidriadas exteriores.

$$Q_t = \Sigma K \times S \times (t_e - t_i)$$

K de tablas extractadas de la norma IRAM 11.601
 S área neta de cada uno de los elementos estudiados
 t_e, t_i temperatura exterior e interior determinadas según las condiciones de diseño

2.3 Ganancia de calor por la incorporación de aire exterior:

Calor sensible por aire exterior:

$$Q_{sa} = 0,35 \times C_a \times (t_e - t_i) \quad [W]$$

Calor latente por aire exterior

$$Q_{La} = 0,80 \times C_a \times (H_{ae} - H_{ai}) \quad [W]$$

Del diagrama psicrométrico con la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, determinamos para las condiciones, interiores y exteriores la humedad absoluta, H_{ai} y H_{ae} .

Para determinar el caudal de aire exterior utilizados los métodos de:

Renovación de Aire $C_a = a\% \times C_{aM}$ (C_{aM} = caudal de aire de mando)

$$C_a = a\% \times Q_s / (0,35 \times (t_e - t_i))$$

Al no poder determinar el caudal de aire de mando, C_{aM} , no podremos determinar la cantidad de aire exterior a incorporar por sobrepresión, por lo tanto como primera aproximación de cálculo se usará el método de ventilación necesaria para los ocupantes del local dados según la tabla N° 10.

$$C_a = N^{\circ} \text{ de personas} \times \text{Volumen necesario de ventilación/pers.}$$

$$C_a = N^{\circ} \text{ de personas} \times \text{Volumen del local}$$

Con este dato podemos determinar Q_{SE} y Q_{LE} para poder determinar el C_{aM} y aplicando el porcentaje necesario por sobrepresión, (% C_{aM}), determinamos el C_{aE} inicial.

En un primer paso determinamos $CaM0$ y aplicando el porcentaje necesario por sobrepresión, ($\% CaM0 = CaE0$), determinamos $CaE0$, el cual lo comparamos determinado por las condiciones de ventilación (punto 2.3), si da mayor se debe recalcular el calor sensible efectivo y el latente efectivo, tomando siempre como caudal de aire a incorporar el mayor. Con lo que obtenemos un nuevo valor de CaM , con lo cual se produce un proceso iterativo. Que concluye cuando obtenemos una aproximación entre valores consecutivos de CaM menor a un 10%.

3) GANANCIAS DE CALOR POR CARGAS INTERNAS

□ Ganancia por ocupantes

Calor sensible por ocupantes

$$Q_{sp} = N^{\circ} \text{ de personas} \times q_{sp}/\text{pers.}$$

Calor latente por ocupantes

$$Q_{Lp} = N^{\circ} \text{ de personas} \times q_{lp}/\text{pers.}$$

Los valores de q_{sp} y de q_{lp} se obtienen de la tabla N° 11 de acuerdo a la actividad que los ocupantes desarrollan dentro del local.

□ Ganancias por iluminación

Calor sensible

Lámparas incandescentes

$$Q_{si} = W_i \quad [W] \quad W_i: \text{carga total en watts de lámparas incandescentes}$$

Lámparas fluorescentes

$$Q_{sf} = 1,25 \times W_f \quad [W] \quad W_f: \text{carga total en watts de lámparas fluorescentes}$$

□ Ganancia por cargas térmicas de motores eléctricos

Calor sensible por motores

$$Q_{sM} = \Sigma N^{\circ} \text{ de motores} \times q_{sM} \quad [W]$$

Q_{sM} = de la tabla N° 12 de acuerdo a la potencia del motor, donde desarrolla el trabajo y su ubicación en el local.

□ Ganancias de calor por otras fuentes

Calor sensible por otras fuentes

$$Q_{sap} = \Sigma N^{\circ} \text{ de aparatos} \times q_{sap} \quad [W]$$

Calor latente por otras fuentes

$$Q_{Lap} = \Sigma N^{\circ} \text{ de aparatos} \times q_{lap} \quad [W]$$

Los valores de q_{sap} y de q_{lap} se obtienen de la tabla N° 13 de acuerdo a las características del artefacto, si los mismos tienen campana de extracción de humos y olores, se toma el 50% de los valores consignados en la tabla.

4) ADICIONALES

Se debe incrementar en un 10 % el calor sensible total y un 5% el calor latente total por seguridad.

Ejemplo Balance térmico para refrigeración

Se quiere acondicionar para el ciclo de verano, un local que funciona como un estudio para una consultora.

Edificio: CONSULTORA S.A.
Ubicación: Buenos Aires
Local: Estudio
Piso: Primero



En la planta baja está proyectado un estacionamiento abierto.

Dimensiones: 6 m x 8 m h = 4 m

$t_i = 298 \text{ °K}$ HR = 50% De la tabla de confort interior

$t_e = 308 \text{ °K}$ HR = 40% De la tabla de condiciones exteriores

$H_{ai} = 11,0 \text{ g/Kg}$ $H_{ae} = 14,7 \text{ g/Kg}$ Del diagrama Psicrométrico

Ocupantes = 10 personas Horario de trabajo de 10 a 12 y de 13 a 20 horas.

Iluminación fluorescente 720 watts

Fotocopiadora y computadoras disipan un calor de 400 W

Pared exterior pintada de color medio Gris claro y la azotea tiene una membrana asfáltica sin aluminio, con embaldosado de color oscuro.

Pared de ladrillo común revocada de ambos lados de 30 cm. $K = 1,90 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Pared de ladrillo común revocada de ambos lados de 15 cm. $K = 2,91 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Vidrio $K = 5,82 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Puerta placa $K = 3,00 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Azotea con baldosa $K = 1,87 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Piso s/ P B $K = 2,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$

Ventana (AV1), persiana exterior, listones inclinados 17° (horizontal), color medio.

No se consideran las ganancias de calor entre locales acondicionados.

| | | |
|--|------------------|--|
| Temperatura de los locales no acondicionados | Edificio lindero | $32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{K}$ |
| | Baño | $30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ }^\circ\text{K}$ |
| | Escalera | $32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{K}$ |
| | Estacionamiento | $35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ }^\circ\text{K}$ |

| ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA - VERANO | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|--------------------------------|---|----------------------------|-------|--|
| Edificio: CONSULTORA S.A. Ubicación: Buenos Aires | | | CALOR POR RADIACION SOLAR - CRISTAL (Ver planilla adjunta) | | | | | | | |
| | | | Concepto | | | | | | Total | |
| | | | Carga Máxima Total Cristal | | | | | | 1251 | |
| | | | CALOR POR RADIACION SOLAR y TRANSMISION PAREDES EXTERIORES Y TECHO (Ver planilla adjunta) | | | | | | | |
| | | | Concepto | | | | | | Total | |
| Carga Máxima Total Pared - Techo | | | | | | 2843 | | | | |
| Altura del Local: 4 m Ancho del Local: 6 m Largo del local: 8 m Superficie: 48 m ² Volumen 192 m ³ Mes de cálculo: ENERO Hora Solar de cálculo: 17 h Temperatura exterior: 308 °K Humedad relativa exterior: 40 % Temperatura interior: 298 °K Humedad relativa interior: 50 % Diferencia temperatura: 10 °K Humedad absoluta exterior: 14,1 g/kg Humedad absoluta interior: 9,9 g/kg Difer. humedades absolutas: 4,2 g/kg Ocupación: 10 Personas Horario Ocupación: 10 a 12 y de 13 a 20 horas Ventilación: 12 m ³ /h Iluminación Fluorescente 720 W Iluminación Incandescente 0 W Computadoras - Fotocopiadora: 400 W | | | G A N A N C I A C A L O R S E N S I B L E | CALOR POR TRANSMISION VENTANAS, PAREDES INTERIORES Y PISOS | | | | | | |
| | | | | Concepto | Orient. | Superficie (m ²) | Coef. de Transm. K (W/m ² ·°K) | Salto Térmico te - ti (°K) | Total | |
| | | | | A V 1 Ventanas | Oeste | 12,0 | 5 | 10 | 600 | |
| | | | | B P 1 Puerta | Interior | 1,5 | 3 | 0 | 0 | |
| | | | | C P 1 Puerta | Interior | 1,9 | 3 | 7 | 39 | |
| | | | | I B Pared | Interior | 22,5 | 2,91 | 0 | 0 | |
| | | | | A C 1 Pared | Interior | 10,6 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | C 2 Pared | Interior | 12,3 | 2,91 | 7 | 251 | |
| | | | | C 3 Pared | Interior | 6,0 | 2,91 | 0 | 0 | |
| | | | | A Piso | - | 48,0 | 2 | 10 | 960 | |
| | | | | CALOR INTERNO | | | | | | |
| | | | | Concepto | | Calor Sensible por Persona (W) | | Número de personas | Total | |
| | | | | Personas | | 67 | | 10 | 670 | |
| | | | | Concepto | | Potencia (W) | | Factor | Total | |
| | | | | Ilumin. Incandescente | | 0 | | 1 | 0 | |
| Ilumin. Fluorescente | | 720 | | 1,25 | 900 | | | | | |
| Motores | | | | 1 | 0 | | | | | |
| Otras Fuentes Computadoras- Foto | | 400 | | 1 | 400 | | | | | |
| Calor Sensible del Local | | | | | 7243 | | | | | |
| CALOR AIRE EXTERIOR | | | | | | | | | | |
| Concepto | | Caudal de Aire Exterior m ³ /h | Factor de By Pass | Salto Térm. te - ti (°K) | Cexpe | Total | | | | |
| Aire Exterior | | 120 | 0,25 | 10 | 0,35 | 105 | | | | |
| Carga Sensible Efectiva Parcial | | | | | 7348 | | | | | |
| Factor de seguridad 10 % | | | | | 735 | | | | | |
| CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL | | | | | 8083 | | | | | |
| AIRE EXTERIOR | | | CALOR INTERNO | | | | | | | |
| Aire de Ventilación | Número de personas | Caudal (m ³ /h) x pers. | Caudal aire de ventilación m ³ /h | Concepto | | Calor Latente por Persona (W) | Número de personas | Total | | |
| | 10 | 12 | 120 | Personas | | 64 | 10 | 640 | | |
| Aire por sobrepresión | Caudal aire de Mando | % | Caudal aire por sobrepresión m ³ /h | Concepto | | Potencia (KW) | Factor | Total | | |
| | Desconocido | | | Otras Fuentes | | | | 0 | | |
| Caudal de Aire Exterior | Adopto el mayor Caudal ventilación - sobrepresión | | 120 | Carga Latente del Local | | 640 | | | | |
| Oservaciones: | | | CALOR POR AIRE EXTERIOR | | | | | | | |
| Paredes Exteriores: Color medio - Gris claro | | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m ³ /h | Factor de By Pass | Difer. Humed. He - Hi (g/kg) | Clxpe | Total | |
| Azotea : color oscuro | | | Aire Exterior | | 120 | 0,25 | 4,2 | 0,8 | 101 | |
| Cristales Persiana exterior, Listones inclinados | | | Carga Latente Efectiva Parcial | | | | | 741 | | |
| 17° (horiz.) Color medio | | | Factor de seguridad 5 % | | | | | 37 | | |
| | | | CARGA LATENTE EFECTIVA TOTAL | | | | | 778 | | |
| La hora solar se corresponde con la hora de mayor carga por radiación solar en cristales y paredes.(ver tabla adjunta) | | | CALOR POR AIRE EXTERIOR | | | | | | | |
| | | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m ³ /h | (1- Factor de By Pass) | Salto Térm. te - ti (°K) | Cexpe | Total | |
| | | | Calor Sensible | | 120 | 0,75 | 10 | 0,35 | 315 | |
| | | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m ³ /h | (1- Factor de By Pass) | Difer. Humed. He - Hi (g/kg) | Clxpe | Total | |
| | | | Calor Latente | | 120 | 0,75 | 4,2 | 0,8 | 302 | |
| CARGA TOTAL EFECTIVA DEL LOCAL | | | | | | | | 7883 W | | |
| CARGA EFECTIVA TOTAL | | | | | | | | 8861 W | | |
| GRAN CALOR TOTAL | | | | | | | | 9479 W | | |

| Concepto | | Orient. | Superficie (m²) | Coef. de Transm. K (W/m²·°K) | Qrp = K × S × Dif. Equiv. de Temp. | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|---------|-----------------|------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Pared | A | Oeste | 20 | 1,9 | 78,7 | 63,8 | 63,8 | 63,8 | 96,5 | 129,1 | 179,6 | 227,1 | 378,5 | 491,3 | 624,9 | 722,8 | 740,6 | 657,5 | 526,9 |
| Pared | D1 | Sur | 12 | 1,9 | 8,0 | -0,9 | 8,0 | 18,7 | 29,4 | 38,3 | 68,6 | 97,1 | 116,7 | 136,3 | 146,9 | 157,6 | 157,6 | 157,6 | 136,3 |
| Pared | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pared | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Techo | | Horiz | 48 | 1,87 | 551,2 | 451,1 | 505,7 | 551,2 | 705,9 | 960,7 | 1261 | 1516 | 1716 | 1916,2 | 2070,9 | 2126 | 2071 | 1971 | 1871 |
| CARGA MAXIMA TOTAL PARED | | | | | 638 | 514 | 578 | 634 | 832 | 1128 | 1509 | 1840 | 2211 | 2544 | 2843 | 3006 | 2969 | 2786 | 2534 |
| CARGA MAXIMA TOTAL CRISTAL | | | | | 74,54 | 93,54 | 102,3 | 111,1 | 111,1 | 111,1 | 343,5 | 779 | 1144,4 | 1297,9 | 1251,1 | 863,8 | 0 | 0 | 0 |
| CARGA MAXIMA TOTAL PARED | | | | | 637,9 | 514,1 | 577,6 | 633,8 | 831,8 | 1128 | 1509 | 1840 | 2211,2 | 2543,8 | 2842,7 | 3006 | 2969 | 2786 | 2534 |
| CARGA MAXIMA TOTAL | | | | | 712,5 | 607,6 | 679,9 | 744,8 | 942,9 | 1239 | 1853 | 2619 | 3355,6 | 3841,7 | 4093,9 | 3870 | 2969 | 2786 | 2534 |

| Orient. | Radiación Unitaria (W/m2) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|--|--|
| | Hora | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | | |
| OESTE | 30 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 136 | 309 | 454 | 515 | 496 | 343 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Peso del Muro -Techo | | Orient. | Dif. Equiv. de Temp. te (°K) | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|---------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | Hora | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Pared | Medio | Oeste | 300 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,5 | 3,4 | 4,7 | 6,0 | 10,0 | 12,9 | 16,4 | 19,0 | 19,5 | 17,3 |
| Pared | Medio | Sur | 300 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 1,7 | 3,0 | 4,3 | 5,1 | 6,0 | 6,4 | 6,9 | 6,9 | 6,0 |
| Techo | Oscuro | Horiz | 300 | 6,1 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 7,9 | 10,7 | 14,0 | 16,9 | 19,1 | 21,3 | 23,1 | 23,7 | 23,1 | 20,8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Al no poder determinar el caudal de aire de mando, CaM, no podremos determinar la cantidad de aire exterior a incorporar por sobrepresión, por lo tanto como primera aproximación de cálculo se usará el método de ventilación necesaria para los ocupantes del local dados según la tabla N° 10.

En el siguiente capítulo desarrollaremos el método que permite por aproximaciones sucesivas determinar las cargas que determinan la máquina frigorífica requerida.

CAPITULO VI

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNDAMENTALES PARA UNA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN.-

VI.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior vimos que acondicionar térmicamente un local en verano requería que extraigamos una determinada carga térmica, y que la misma era el calor por unidad de tiempo que entra al local procedente del exterior, más el que se generaba en el interior del mismo.

El método más utilizado para acondicionar un local es inyectar aire enfriado al local, el cual deberá absorber la carga térmica del mismo.

En el presente capítulo determinaremos los caudales de aire exterior, mando y retorno, y las condiciones higrotérmicas (temperatura y humedad) que debe tener el caudal de aire a inyectar dentro del local para su acondicionamiento según pautas de proyecto.

El objetivo es elegir juiciosamente la unidad acondicionadora de aire, para lo cual debemos conocer el caudal de aire, la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la potencia frigorífica y la temperatura de rocío de la unidad acondicionadora.

VI.2 CONCEPTOS

Antes de introducirnos en el tema del presente capítulo es necesario aclarar algunos conceptos:

Factor de calor sensible (FCS): Es la razón entre las ganancias de calor sensible (QS) y las ganancias de calor total, suma de las ganancias de calor sensible más las ganancias de calor latente, $Q_{tot} = QS + QL$.

$$FCS = QS / Q_{tot} = QS / (QS + QL)$$

Factor de calor sensible del local (FCSL): Es la razón entre las ganancias de calor sensible internas del local (Q_{Si}) y las ganancias de calor total internas del local, suma de las ganancias de calor sensible más las ganancias de calor latente, internas del local, $Q_{Si} + Q_{Li}$.

$$FCSL = Q_{Si} / Q_{toti} = Q_{Si} / (Q_{Si} + Q_{Li})$$

Factor de calor sensible total (FCST): Es la razón entre las ganancias de calor sensible (QST) y las ganancias de calor total, suma de las ganancias de calor sensible más las ganancias de calor latente, $Q_{ST} + Q_{LT}$. Es la que debe disipar el equipo, compuesta por las ganancias de calor internas del local y las ganancias de calor debidas a la introducción de aire exterior.

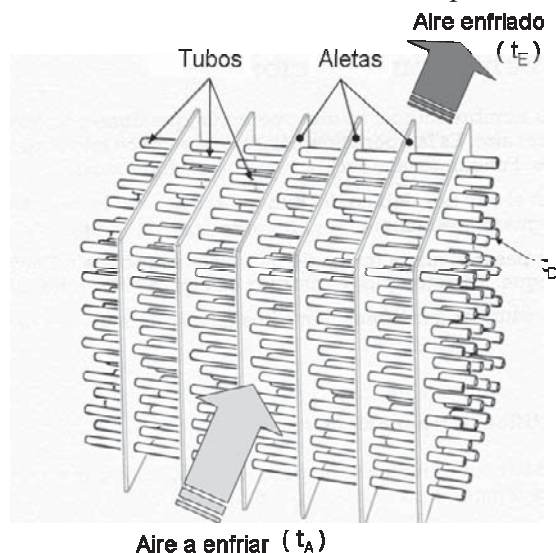
$$FCST = Q_{ST} / Q_{totT} = Q_{ST} / (Q_{ST} + Q_{LT})$$

Factor de By Pass (FB): La fracción de aire que no entra en contacto con la batería refrigerante toma el nombre de "aire de by-pass" y el factor de by-pass es en consecuencia, definido como la relación que existe entre el peso del aire "by-paseado" y el peso total del aire que atraviesa la batería.

Punto de rocío del aparato (PRA): Es la temperatura media de la superficie de la serpentina de enfriamiento.

Si todo el aire en su paso por la batería tuviera contacto con la superficie de las serpentinas, es decir, no hay aire que no sea enfriado y deshumidificado, factor de contacto $FC = 1$ ó factor de

By Pass FB = 0, lo cual físicamente es imposible, la temperatura media de la superficie de la serpentina de enfriamiento coincidiría con el de la salida del aparato.



Factor de calor sensible efectivo (FCSE): La noción de FCSE permite establecer una relación entre el balance térmico el FB y el PRA, lo que simplifica la determinación del caudal de aire y la elección del equipo.

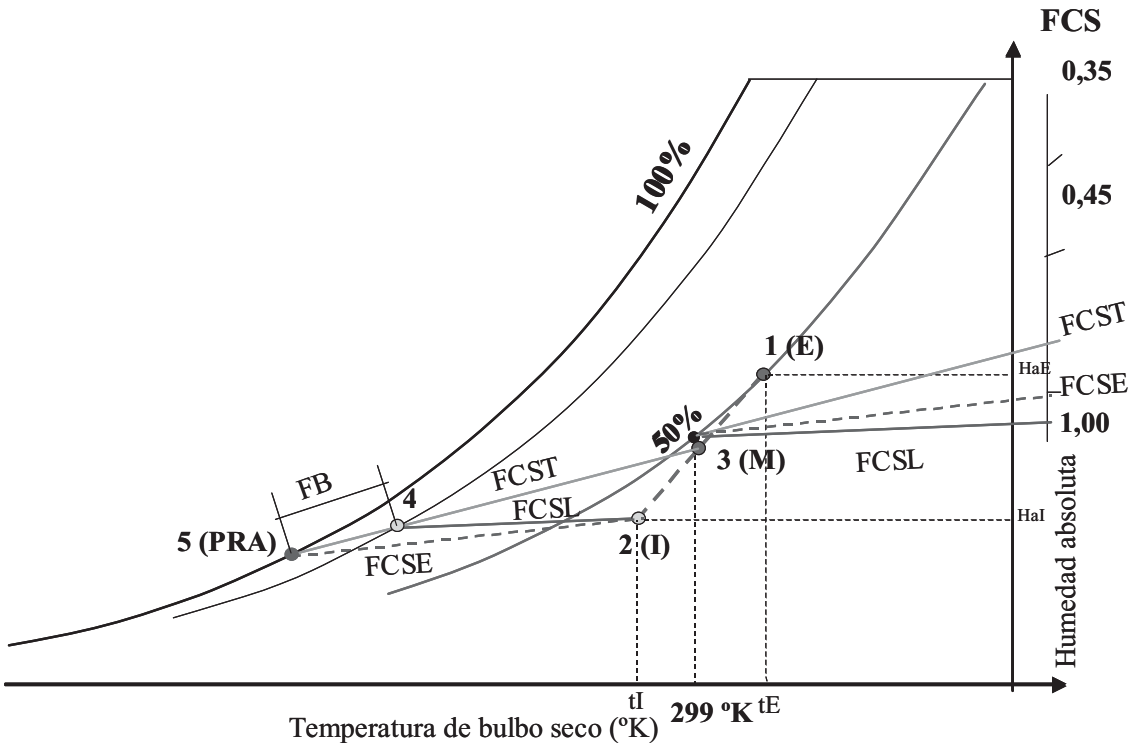
El factor de calor sensible efectivo (FCSE) se define como la relación entre las ganancias sensibles efectivas del local y la suma de las ganancias sensibles y latentes efectivas del mismo. Estas ganancias efectivas son iguales a la suma de las ganancias del local propiamente dicho aumentadas en las cantidades de calor sensible y latente correspondientes al caudal de aire que pasa por la batería sin que su estado se modifique, y cuyo porcentaje viene dado por el factor de By Pass.

Se tiene, por lo tanto:

$$FCSE = \frac{Q_{SEL}}{Q_{SEL} + Q_{LEL}} = \frac{Q_{SEL}}{Q_{TEL}}$$

Las cargas de calor debidas al aire de By Pass que intervienen en el cálculo del FCSE, constituyen cargas suplementarias para el local, como ocurriría en el caso de infiltraciones, con la diferencia de que éstas son debidas a los intersticios de puertas y ventanas, mientras que, en este caso, el aire no tratado se introduce en el local por imperfección de la unidad acondicionadora de aire.

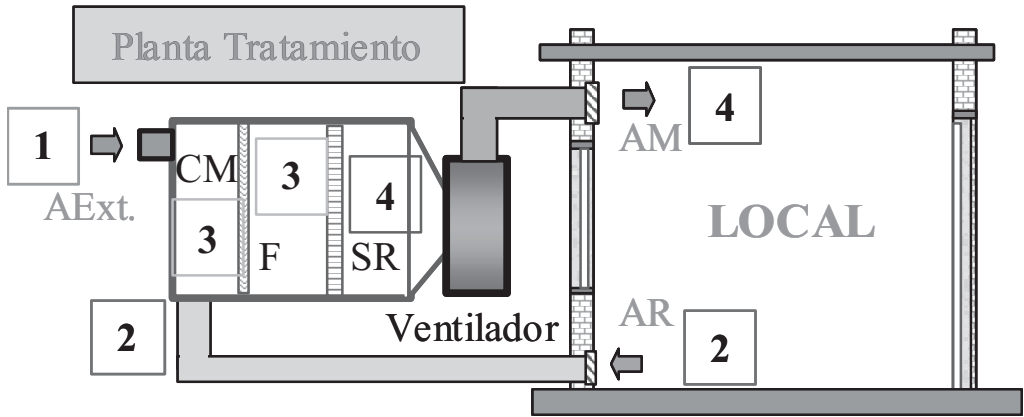
Se podrá determinar el PRA y el FB trazando las líneas FCST y FCST en el diagrama psicrometrico. La recta de FCSE puede obtenerse uniendo el PRA y el punto que representa las condiciones interiores del local (puntos 5-2).



La recta de FCSE puede trazarse igualmente en el diagrama psicrométrico sin que sea necesario conocer de previamente el PRA. El principio es idéntico al descrito para el FCSL. Se calcula el FCSE y se dibuja la recta correspondiente que pasa por el punto representativo de las condiciones interiores. El PRA corresponderá a intersección de la recta de FCSE con la curva de saturación.

VI.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN

El proceso de inyectar aire tratado al local, comienza en la planta de tratamiento de la unidad acondicionadora con la mezcla aire exterior con aire procedente del local, esta mezcla primero es filtrada y luego es “Enfriada y Deshumidificada”, para luego impulsarla por un ventilador al local produciendo así su acondicionamiento.



CM = Cámara de mezcla
F = Filtros
SR = Batería de refrigeración

AM = Aire de mando (tratado - 4)

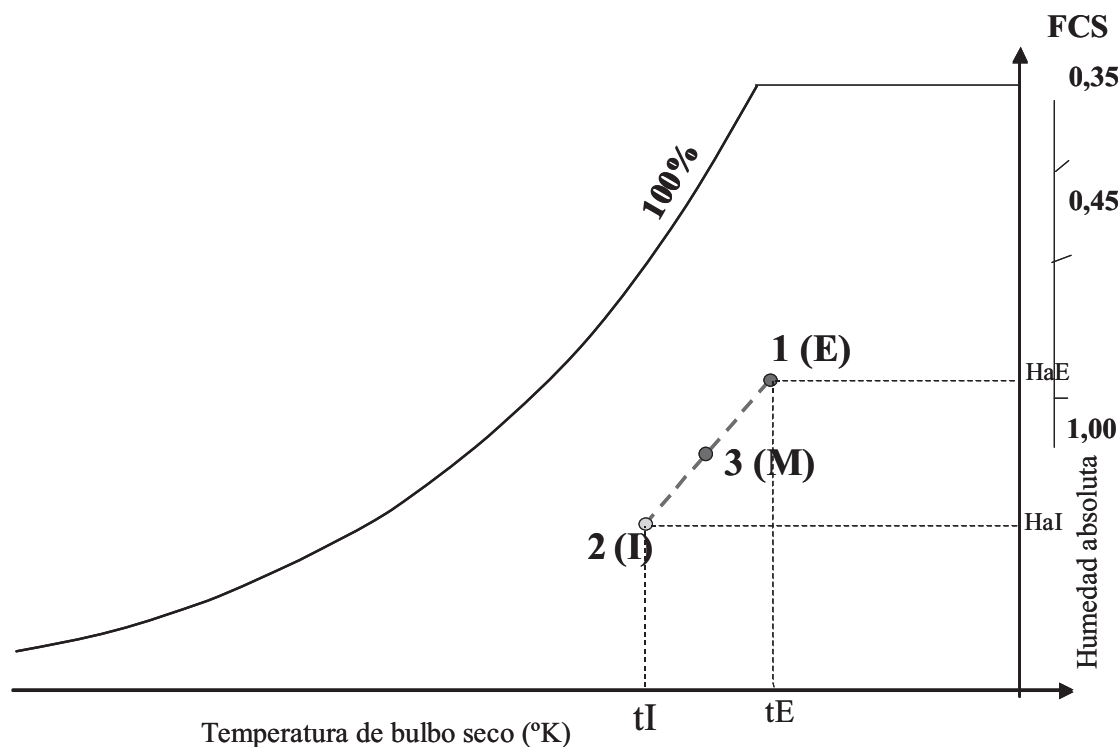
AR = Aire retorno (interior - 2)

Aext = Aire exterior (1)

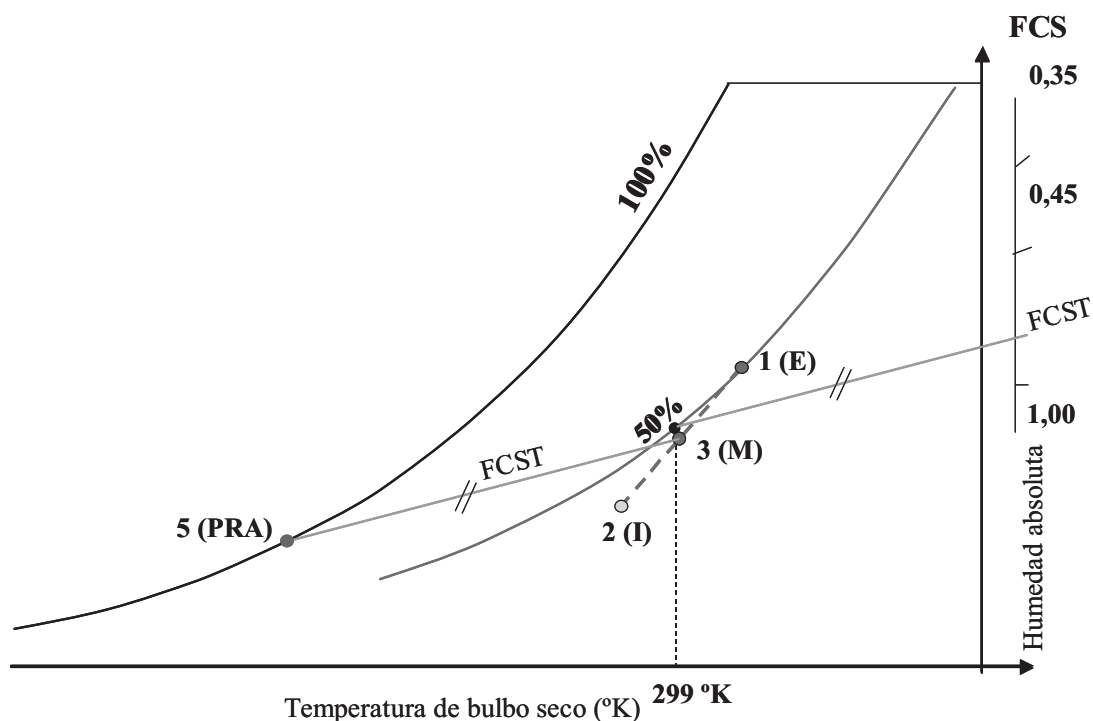
En el diagrama psicrométrico podemos representar distintos estados del aire, los cuales nos permite obtener la evolución del proceso “Enfriamiento con deshumidificación” y a través del mismo determinar en forma sencilla los caudales del aire de exterior, mando y retorno, y las condiciones higrotérmicas que debe tener el caudal de aire a inyectar en el local.

1. Condiciones del aire en el exterior del local
2. Condiciones del aire en el interior del local
3. Condiciones del aire mezcla a la entrada de la unidad acondicionadora de aire. El aire mezcla esta compuesto por aire interior del local, aire de retorno, más aire exterior.
4. Condiciones del aire mezcla a la salida de la unidad acondicionadora de aire. Este aire se llama aire de mando o alimentación.
5. Condiciones del aire mezcla ideal el cual esta a una temperatura llamada *punto de rocío del aparato*.

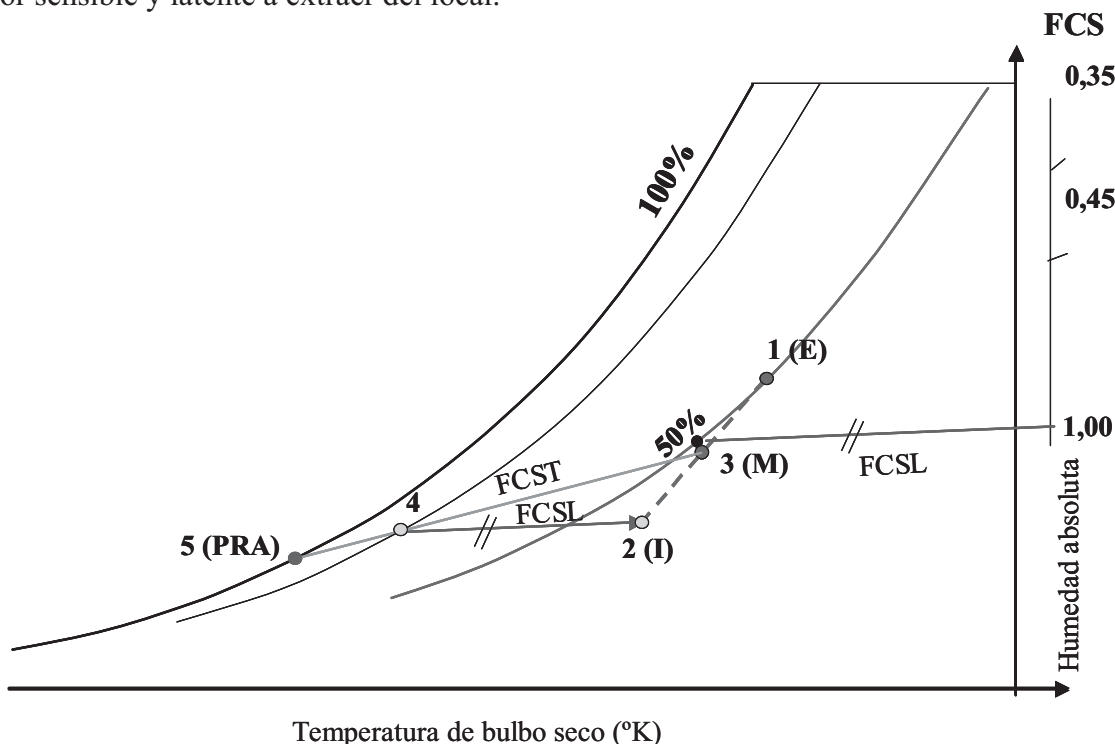
Comenzamos representando los estados del aire exterior (1) e interior (2) del local los cuales son datos del proyecto. La mezcla de ambos se encontrara en un punto (3) de la recta que une los puntos (1) y (2) a determinar, (ver mezcla de dos caudales de aire húmedo - Capítulo II).



El aire mezcla (3) pasa a través de los filtros lo cual no modifica su estado, a posteriori pasa a por la batería de refrigeración el cual es enfriado, produciéndose, además, condensación, la pregunta es ¿hasta donde enfriamos?, Si físicamente pudiéramos lograr que todo el aire mezcla tome contacto con la superficie de la serpentina ($FB = 0$) llegaríamos hasta la curva de saturación, en coincidencia con el PRA (5). La recta que representa esta evolución dentro del aparato que une el punto (3) con (5), es el FCST.

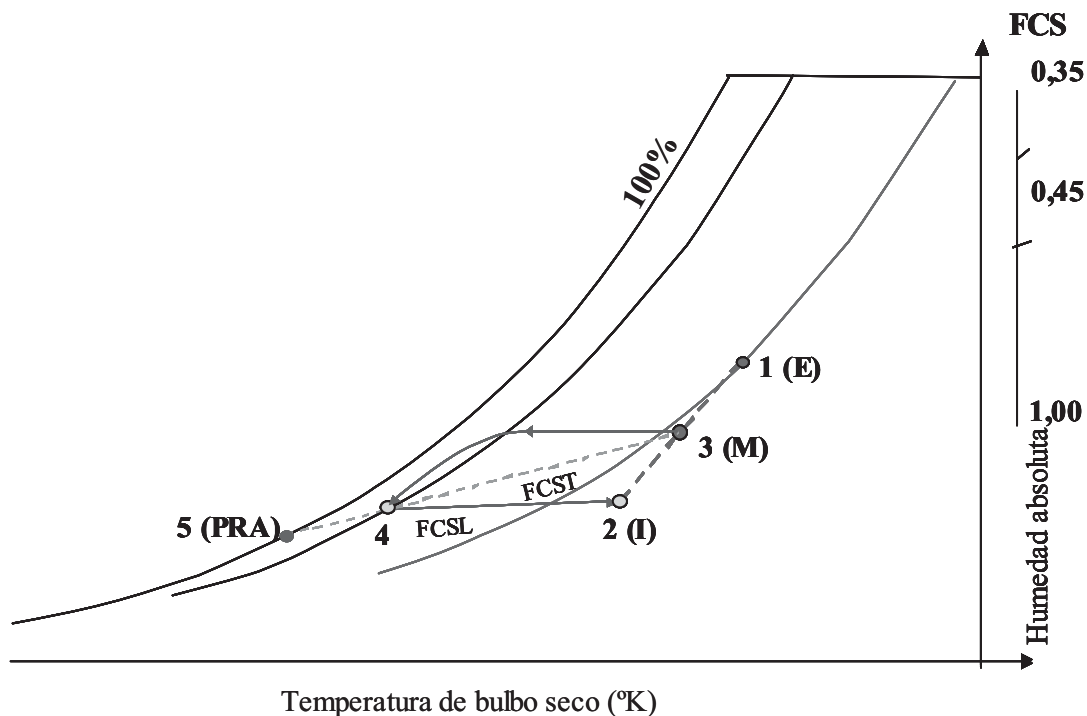


Como el proceso no es ideal el aire sale en el estado (4), en condiciones de satisfacer las condiciones interiores. El FCSL es la recta que une el estado del aire a la salida del aparato (4) con el estado del aire interior (2), ya que esta representa en el diagrama la cantidad exacta de calor sensible y latente a extraer del local.



El aire mezcla ingresa a la unidad acondicionadora de aire en el estado (3) comienza a enfriarse hasta un cierto punto en que la temperatura de enfriamiento produce condensación. De allí en más el proceso continúa con enfriamiento y deshumidificación, hasta que alcanza el estado (4) que es la salida del aparato, que si despreciamos las pérdidas a través del ventilador, conductos

y aislaciones, coincide con el estado de inyección al local. Ingresado al local se mezcla con el aire interior, recta (4) – (2), hasta que alcanza las condiciones de proyecto interior, estado (2).



VI.4 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS FUNDAMENTALES

Parámetros conocidos:

- t_1 = temperatura exterior [°K]
- ϕ_1 = humedad relativa exterior [%]
- t_2 = temperatura interior [°K]
- ϕ_2 = humedad relativa interior [%]
- CaE** = Caudal de aire exterior que ingresa a la unidad acondicionadora de aire [m^3/h]
- QSE** = Calor sensible efectivo [W] Se determina por aproximaciones sucesivas.
- QLE** = Calor latente efectivo [W] Se determina por aproximaciones sucesivas.
- f = factor de By Pass de la batería (Tabla N° 15)

Parámetros a determinar:

- t_5 = PRA = temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire
- CaM** = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire
- CaR** = caudal aire de retorno interior a la unidad acondicionadora de aire
- t_3 = temperatura de aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire
- t_4 = temperatura de aire de mando
- N_R = potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire

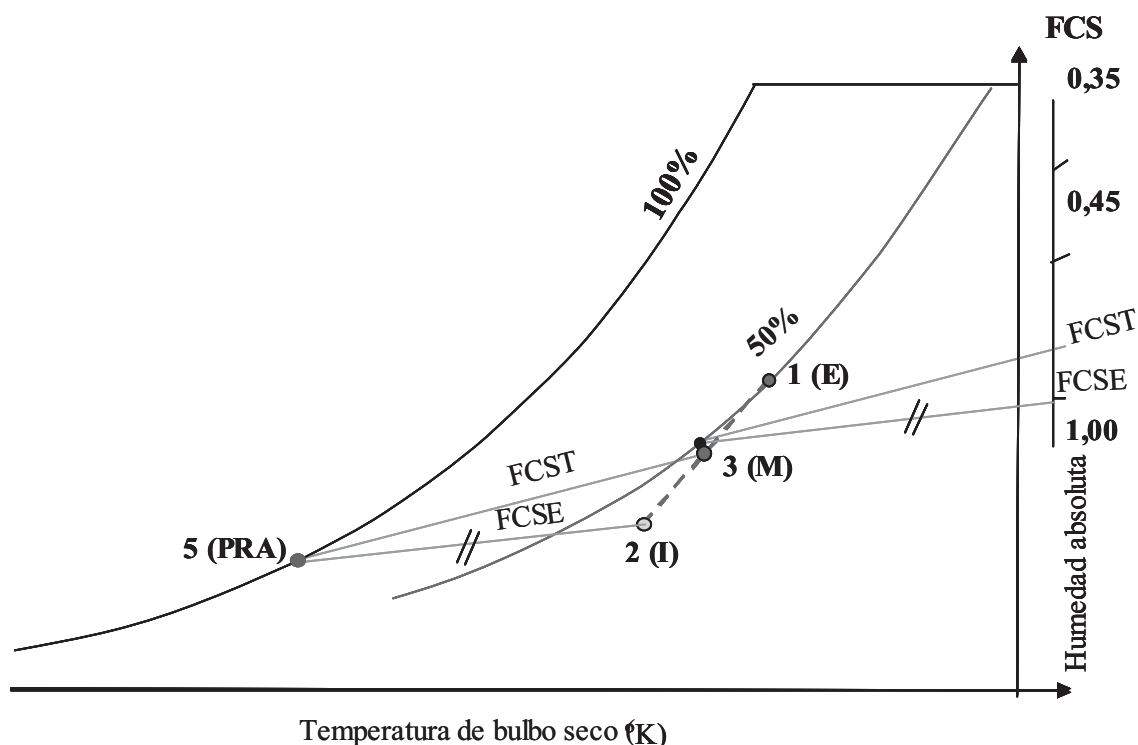
□ Determinación de la temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA, t_5

La tabla N° 15 nos permite definir el FB conveniente para diversas aplicaciones, según las características físicas de la batería, y la velocidad del aire, o por el tipo de aplicación – destino, lo cual nos permite calcular las cargas efectivas cuando desconocemos la batería a utilizar.

Determinado el FB de tabla N° 15 puedo calcular la carga sensible efectiva, QSE, y la carga latente efectiva, QLE, que me permite obtener el factor de calor sensible efectivo, FCSE:

$$FCSE = \frac{QSE}{QSE + QLE} = \frac{QSE}{QTE}$$

Este valor se señala en la escala del factor de calor sensible del diagrama psicrométrico y se traza una recta uniendo el valor señalado en la escala con el punto negro fijo ubicado en el centro del diagrama, muy cerca del punto N° 3, (mezcla). A continuación se traza una paralela que pase por el punto N° 2, (condición interior del local), hasta cortar la curva de saturación, el punto de corte N° 5. La recta que une los puntos 2 a 5 es la recta de factor de calor sensible efectiva del local. La vertical que baja desde el punto 5 nos da la temperatura de rocío t5, (PRA), de la unidad acondicionadora de aire.



□ Determinación del caudal de aire de mando, CaM

Para ello aplicaremos la fórmula:

$$CaM = \frac{QSE}{0,337 \times (1 - f) \times (t2 - t5)}$$

CaM = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire, [m³/h]

QSE = carga sensible efectiva, en W

f = factor de By Pass de la batería, de tabla N° 15

t2 = temperatura interior del local, en °K

t5 = temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA, en °K

Cuando analizamos las cargas por incorporación de aire exterior desconocemos el caudal de aire exterior a incorporar por sobrepresión debido a que este está establecido como un porcentaje del caudal de aire de mando, (%CaM), con lo cual en primera instancia del cálculo no podemos determinar CaE a incorporar por sobrepresión, por lo tanto como primera aproximación de cálculo usaremos para determinar CaE el método de requerimientos de ventilación necesaria para los ocupantes del local dados según la tabla N° 10.

Con este dato podemos determinar QSE y QLE, en un primer paso determinamos CaM(0) y aplicando el porcentaje necesario por sobrepresión, % CaM(0), determinamos CaE(0) por sobrepresión, el cual lo comparamos con el CaE determinado por las condiciones de ventilación, si da mayor se debe recalcular el calor sensible efectivo y el latente efectivo. Con lo que obtenemos un nuevo valor de CaM(1), y así sucesivamente CaM(n), con lo cual se produce un proceso iterativo. Que concluye cuando obtenemos una aproximación entre valores consecutivos de CaM menor a un 10%, $\text{CaM}(n) - \text{CaM}(n-1) \leq 10\% \text{ CaM}(n)$.

□ **Determinación del caudal de aire de retorno, CaR**

Se aplica la formula:

$$\text{CaR} = \text{CaM} - \text{CaE}$$

CaM = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire

CaE = Caudal de aire exterior que ingresa a la unidad acondicionadora de aire

□ **Determinación de la temperatura del aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, t3**

Se aplica la formula:

$$t_3 = \frac{\text{CaE}}{\text{CaM}} \times (t_1 - t_2) + t_2$$

t3 temperatura a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, en °K

CaE caudal de aire exterior de ventilación, en m³/h

CaM caudal de aire mezcla que ingresa a la unidad acondicionadora de aire, en m³/h

t1 temperatura exterior, en °K

t2 temperatura interior del local, en °K.

□ **Determinación de la temperatura del aire a la salida de la unidad acondicionadora de aire, t4**

Se aplica la formula:

$$t_4 = f \times (t_3 - t_5) + t_5$$

f el factor de By Pass de la batería (de tabla N° 15)

t3 temperatura a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, en °K

t5 temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA, en °K

□ Determinación del factor de calor sensible total

Se aplica la fórmula:

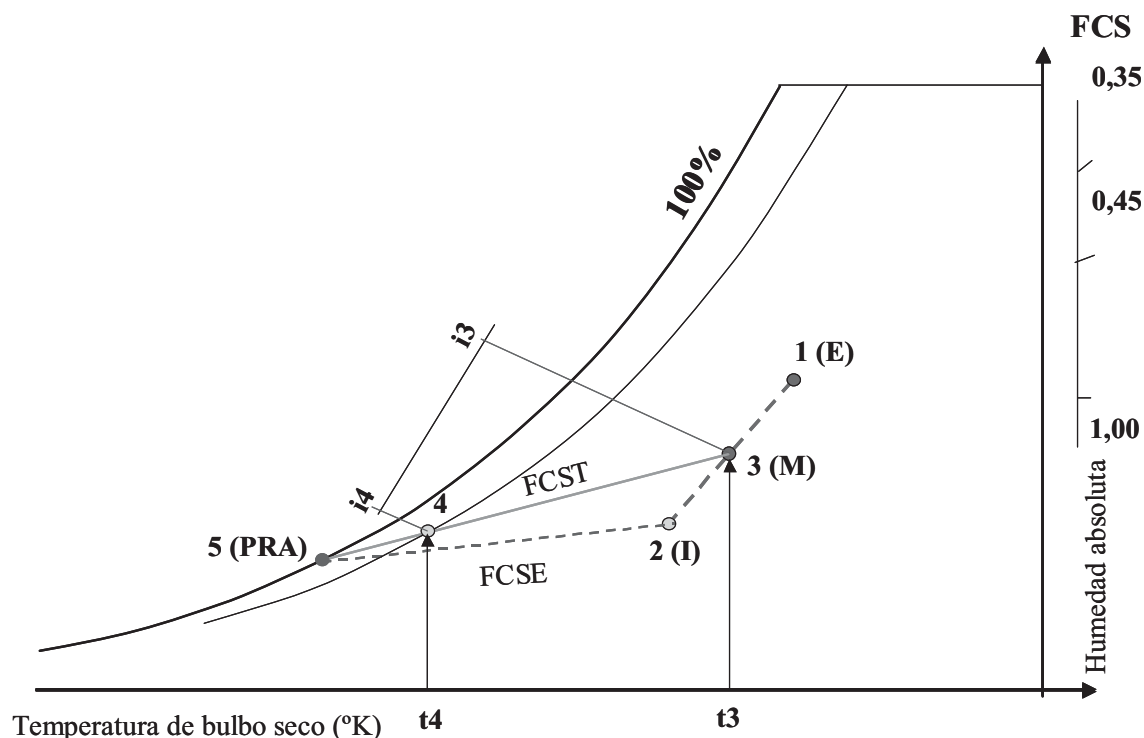
$$FCST = QST / Q_{totT} = QST / (QST + QLT)$$

QST la carga sensible total, en W

QLT la carga latente total, en W

□ Determinación de la potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire, N_R

Calculadas las temperaturas t_3 y t_4 , se sitúan en el diagrama los puntos N° 3 y N° 4. Para ello se traza la recta 1 – 2, con la recta de FCST a partir del punto N° 5, PRA, se sitúa el punto N° 3 en la intersección con la recta 1 – 2, a continuación con la intersección de la recta vertical correspondiente a la temperatura del punto N° 4 y la recta FCST se sitúa el punto N° 4.



Se obtienen las entalpías i_3 y i_4 en el diagrama están expresados en Kcal/h, Se aplica la fórmula:

$$N = 1,2 \times 1,163 \times CaM \times (i_3 - i_4) = 1,39 \times CaM \times (i_3 - i_4) \quad [W]$$

N = potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire en W

CaM caudal de aire mezcla que ingresa a la unidad acondicionadora de aire, en m^3/h

i_3 entalpía aire mezcla a la entrada de la unidad acondicionadora de aire estado (3), en Kcal/h.

i_4 entalpía aire mezcla a la salida de la unidad acondicionadora de aire estado (4), en Kcal/h.

Para obtener la cantidad de toneladas de refrigeración, [TR], necesaria se transforma N en toneladas de refrigeración, a través de la siguiente expresión:

$$N_R = N / 1,163 \times 3024 \quad [TR]$$

VI.5 Ejemplo - Edificio Consultora S.A. – Local Estudio

El objetivo es elegir la unidad acondicionadora de aire, para lo cual debemos conocer caudal de aire, la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la potencia frigorífica y la temperatura de rocío de la unidad acondicionadora para el local “Estudio”, para el cual calculamos las cargas térmicas en el ejemplo del Capítulo IV.

Parámetros conocidos:

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| $t_1 = 308 \text{ }^\circ\text{K}$ | temperatura exterior |
| $\phi_1 = 40 \%$ | humedad relativa exterior |
| $t_2 = 298 \text{ }^\circ\text{K}$ | temperatura interior |
| $\phi_2 = 50 \%$ | humedad relativa interior |

Parámetros a determinar:

| | |
|--------------------|---|
| $t_5 = \text{PAR}$ | = temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire |
| CaM | = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire |
| CaR | = caudal aire de retorno interior a la unidad acondicionadora de aire |
| t_3 | = temperatura de aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire |
| t_4 | = temperatura de aire de mando |
| N_R | = potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire |

Primer paso con el aire de requerimiento de ventilación determinamos.

$$\text{CaE}(0) = N^\circ \text{ personas} \times (\text{m}^3/\text{h} \times N^\circ \text{ de personas})$$

$$\text{CaE}(0) = 120 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{caudal de aire exterior que se requiere por ventilación}$$

Determinamos realizando el balance térmico

$$\text{QSE}(0) = 8083 \text{ W} \quad \text{Carga sensible efectiva total}$$

$$\text{QLE}(0) = 778 \text{ W} \quad \text{Carga latente efectiva total}$$

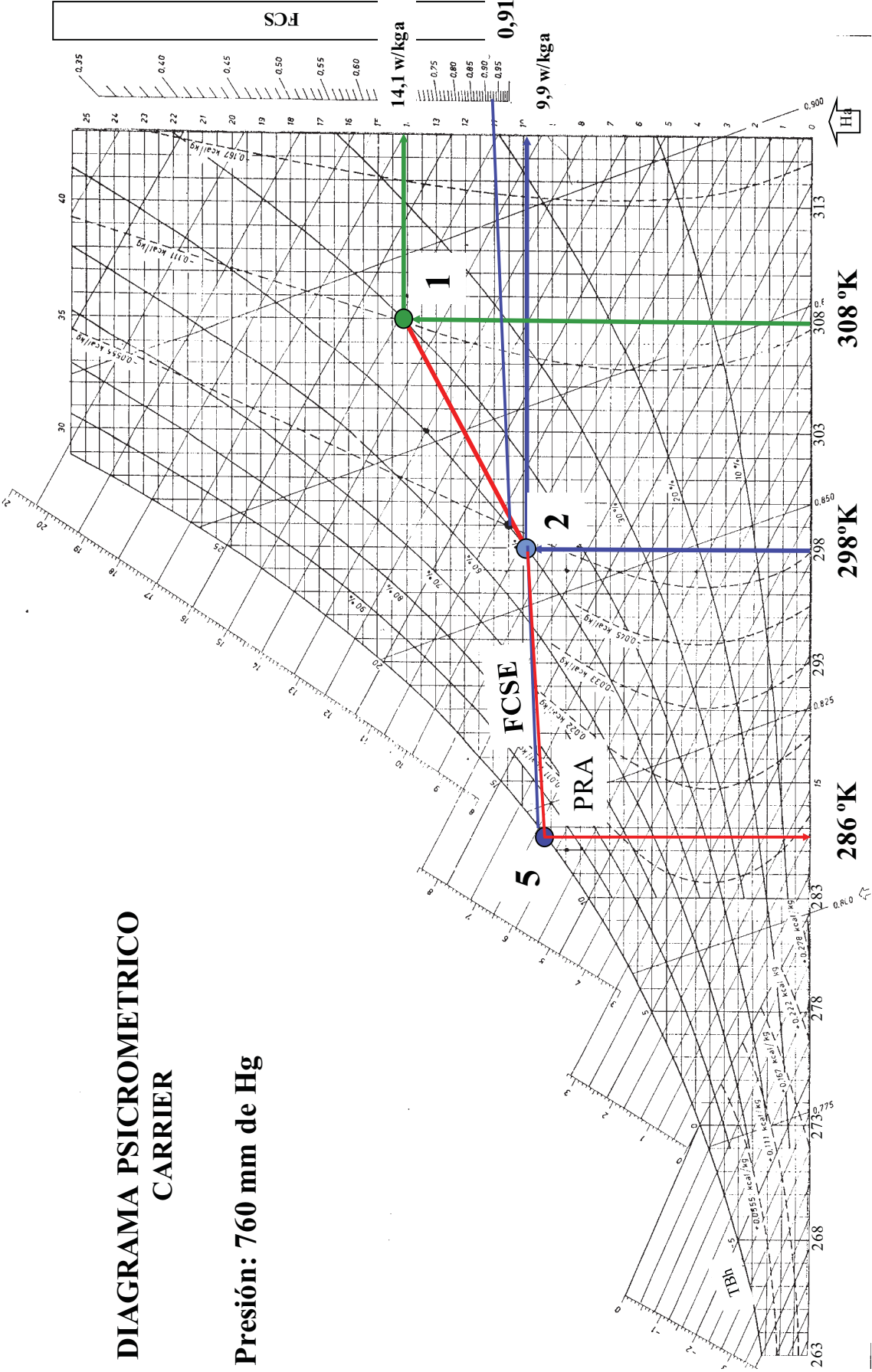
□ Determinación de la temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA, t_5

Empleamos el diagrama psicrométrico situando el punto (1) – ($t_1 = 308 \text{ }^\circ\text{K}$ y 40% humedad relativa) que corresponde al estado exterior y el punto (2) – ($t_2 = 298 \text{ }^\circ\text{K}$ y 50% humedad relativa) que corresponde al estado interior. Una vez situados, se unen los puntos N° 1 y N° 2 con una recta. Calculamos el factor de calor sensible efectivo total, FCSE.

$$\text{FCSE}(0) = \frac{\text{QSE}(0)}{\text{QSE}(0) + \text{QLE}(0)} = \frac{8083 \text{ W}}{(8083 \text{ W} + 778 \text{ W})} = 0,91$$

Este valor se señala en la escala del factor de calor sensible del diagrama psicrométrico y se traza una recta uniendo el valor señalado en la escala con el punto negro. A continuación se traza una paralela que pase por el punto N° 2, condición interior del local, hasta cortar la curva de saturación, el punto de corte N° 5. Esta recta que trazamos (2) a (5) llamada recta de factor de calor sensible efectiva del local. La vertical que baja desde el punto N° 5 nos da la temperatura de rocío t_5 (PRA) de la unidad acondicionadora de aire.

$$t_5(0) = \text{PRA}(0) = 286 \text{ }^\circ\text{K}$$



□ Determinación del caudal de aire de mando, CaM

Para ello aplicaremos la fórmula:

$$\text{CaM} = \frac{\text{QSE}}{0,337 \times (1 - f) \times (t_2 - t_5)}$$

CaM = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire, [m³/h]

Como primera aproximación de cálculo usamos el método de ventilación necesaria para los ocupantes del local dados según la tabla N° 10. Ver Capítulo V – Planilla de Carga Térmica.

QSE(0) = 8083 W la carga sensible efectiva
 f = 0,25 el factor de By Pass de la batería (de tabla N° 15)
 t₂ = 298 °K temperatura interior del local
 t₅ = 286 °K temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA(0)

$$\text{CaM}(0) = \frac{8083 \text{ W}}{0,337 \times (1 - 0,25) \times (298 - 286)} = 2665 \text{ m}^3/\text{h}$$

Determinado CaM(0) y aplicando el porcentaje necesario por sobrepresión, % CaM(0) = CaE(0), determinamos CaE(0), el cual lo comparamos determinado por las condiciones de ventilación, como en este caso da mayor recalculamos el calor sensible efectivo y el latente efectivo, determinamos un nuevo CaM(1), producimos un proceso iterativo. Que concluye cuando obtenemos una aproximación entre valores consecutivos de CaM menor a un 10%.

QSE(1) = 8481 W la carga sensible efectiva
 f = 0,25 el factor de By Pass de la batería (de tabla N° 15)
 t₂ = 298 °K temperatura interior del local

FCSE(1) = 0,88

t₅ = 285,6 °K temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA

$$\text{CaM}(1) = \frac{8481 \text{ W}}{0,337 \times (1 - 0,25) \times (298 - 285,6)} = 2706 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si hacemos una mayor aproximación al 10% exigido obtenemos:

QSE(2) = 8489 W la carga sensible efectiva
 f = 0,25 el factor de By Pass de la batería (de tabla N° 15)
 t₂ = 298 °K temperatura interior del local
 t₅ = 285,7 °K temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA

FCSE(2) = 0,88

$$\text{CaM}(2) = \frac{8489 \text{ W}}{0,337 \times (1 - 0,25) \times (298 - 285,6)} = 2708 \text{ m}^3/\text{h}$$



| ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA - VERANO | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------------------|---|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------|-------|-----|
| <div><div>Edificio:</div><div>Ubicación:</div><div>CONSULTORA S.A.</div><div>Buenos Aires</div></div> | | | | CALOR POR RADIACION SOLAR - CRISTAL (Ver planilla adjunta) | | | | | | | | | | | |
| | | | | Concepto | | | | | Total | | | | | | |
| | | | | Carga Máxima Total Cristal | | | | | 1251 | | | | | | |
| | | | | CALOR POR RADIACION SOLAR y TRANSMISION PAREDES EXTERIORES Y TECHO (Ver planilla adjunta) | | | | | | | | | | | |
| | | | | Concepto | | | | | Total | | | | | | |
| | | | | Carga Máxima Total Pared - Techo | | | | | 2843 | | | | | | |
| | | | | CALOR POR TRANSMISION VENTANAS, PAREDES INTERIORES Y PISO | | | | | | | | | | | |
| | | | | Concepto | | Orient. | Superficie (m²) | Coef. de Transm. K (W/m².ºK) | Salto Térmico te - ti (ºK) | Total | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div>Altura del Local: 4 m</div> <div>Ancho del Local: 6 m</div> <div>Largo del local: 8 m</div> <div>Superficie: 48 m²</div> <div>Volumen 192 m³</div> <div>Mes de cálculo: ENERO</div> <div>Hora Solar de cálculo: 17 h</div> <div>Temperatura exterior: 308 ºK</div> <div>Humedad relativa exterior: 40 %</div> <div>Temperatura interior: 298 ºK</div> <div>Humedad relativa interior: 50 %</div> <div>Diferencia temperatura: 10 ºK</div> <div>Humedad absoluta exterior: 14,1 g/kg</div> <div>Humedad absoluta interior: 9,9 g/kg</div> <div>Difer. humedades absolutas: 4,2 g/kg</div> <div>Ocupación: 10 Personas</div> <div>Horario Ocupación: 10 a 12 y de 13 a 20 horas</div> <div>Ventilación: 12 m³/h</div> <div>Iluminación Fluorescente 720 W</div> <div>Iluminación Incandescente 0 W</div> <div>Computadoras - Fotocopiadora: 400 W</div> | | | | G A N A N C I A L O R S E N S I B L E | | A V 1 Ventanas | | Oeste | 12,0 | 5 | 10 | 600 | | | |
| | | | | B P 1 Puerta | | Interior | 1,5 | 3 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | | C P 1 Puerta | | Interior | 1,9 | 3 | 7 | 39 | | | | | |
| | | | | B Pared | | Interior | 22,5 | 2,91 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | | C 1 Pared | | Interior | 10,6 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | | C 2 Pared | | Interior | 12,3 | 2,91 | 7 | 251 | | | | | |
| | | | | C 3 Pared | | Interior | 6,0 | 2,91 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | | Piso | | - | 48,0 | 2 | 10 | 960 | | | | | |
| | | | | CALOR INTERNO | | | | | | | | | | | |
| | | | | Concepto | | | Calor Sensible por Persona (W) | | Número de personas | Total | | | | | |
| Personas | | | 67 | | 10 | 670 | | | | | | | | | |
| Concepto | | | Potencia (W) | | Factor | Total | | | | | | | | | |
| Ilumin. Incandescente | | | 0 | | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| Ilumin. Fluorescente | | | 720 | | 1,25 | 900 | | | | | | | | | |
| Motores | | | | | 1 | 0 | | | | | | | | | |
| Otras Fuentes Computadoras- Fotocopi | | | 400 | | 1 | 400 | | | | | | | | | |
| Calor Sensible del Local | | | | | | 7243 | | | | | | | | | |
| CALOR AIRE EXTERIOR | | | | | | | | | | | | | | | |
| Concepto | | Caudal de Aire Exterior m³/h | Factor de By Pass | Salto Térm. te - ti (ºK) | Cexpe | Total | | | | | | | | | |
| Aire Exterior | | 542 | 0,25 | 10 | 0,35 | 474 | | | | | | | | | |
| Carga Sensible Efectiva Parcial | | | | | | 7717 | | | | | | | | | |
| Factor de seguridad 10 % | | | | | | 772 | | | | | | | | | |
| CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL | | | | | | 8489 | | | | | | | | | |
| AIRE EXTERIOR | | | | CALOR INTERNO | | | | | | | | | | | |
| Aire de Ventilación | | Número de personas | Caudal (m³/h) x pers. | Caudal aire de ventilación m³/h | Concepto | | Calor Latente por Persona (W) | | Número de personas | Total | | | | | |
| | | 10 | 12 | 120 | Personas | | 64 | | 10 | 640 | | | | | |
| Aire por sobrepresión | | Caudal aire de Mando | % | Caudal aire por sobrepresión m³/h | Concepto | | Potencia (KW) | | Factor | Total | | | | | |
| | | 2708 | 20 | 542 | Otras Fuentes | | | | | 0 | | | | | |
| Caudal de Aire Exterior | | Adopto el mayor Caudal ventilación - sobrepresión | | 542 | Carga Latente del Local | | | | | | 640 | | | | |
| <div>Oservaciones:</div> <div>Paredes Exteriores: Color medio - Gris claro</div> <div>Azotea : color oscuro</div> <div>Cristales Persiana exterior, Listones inclinados</div> <div>17º (horiz.) Color medio</div> <div>La hora solar se corresponde con la hora de mayor carga por radiación solar en cristales y paredes.(ver tabla adjunta)</div> | | | | C A L O R L A T E N T E | | AIRE EXTERIOR | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m³/h | Factor de By Pass | Difer. Humed. He - Hi (g/kg) | Clxpe | Total | |
| | | | | | | | | Aire Exterior | | 542 | | 0,25 | 4,2 | 0,8 | 455 |
| | | | | Carga Latente Efectiva Parcial | | | | | | 1095 | | | | | |
| | | | | Factor de seguridad 5 % | | | | | | 55 | | | | | |
| | | | | CARGA LATENTE EFECTIVA TOTAL | | | | | | 1150 | | | | | |
| | | | | CALOR POR AIRE EXTERIOR | | | | | | | | | | | |
| | | | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m³/h | (1- Factor de By Pass) | Salto Térm. te - ti (ºK) | Cexpe | Total | | | | | |
| | | | | Calor Sensible | | 542 | 0,75 | 10 | 0,35 | 1422 | | | | | |
| | | | | Concepto | | Caudal de Aire Exterior m³/h | (1- Factor de By Pass) | Difer. Humed. He - Hi (g/kg) | Clxpe | Total | | | | | |
| | | | | Calor Latente | | 542 | 0,75 | 4,2 | 0,8 | 1365 | | | | | |
| CARGA TOTAL EFECTIVA DEL LOCAL | | | | | | | | | | 7883 W | | | | | |
| CARGA EFECTIVA TOTAL | | | | | | | | | | 9639 W | | | | | |
| GRAN CALOR TOTAL | | | | | | | | | | 12425 W | | | | | |

□ Determinación del caudal de aire de retorno, CaR

Verificaremos que el caudal de aire exterior adoptado en la planilla de cálculo cumple con las condiciones de sobrepresión del local:

Para local oficina del CaE = 15% al 25% CaM

$$\text{CaE} = 542 \text{ m}^3/\text{h} / 2708 \text{ m}^3/\text{h} = 20 \% \text{ CaM} > 15\% \text{ CaM}$$

Para calcular CaR se aplica la formula:

$$\text{CaR} = \text{CaM} - \text{CaE} = 2708 \text{ m}^3/\text{h} - 542 \text{ m}^3/\text{h} = 2166 \text{ m}^3/\text{h}$$

CaM = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire

CaE = Caudal de aire exterior que ingresa a la unidad acondicionadora de aire

□ Determinación de la temperatura del aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, t3 –

Se aplica la formula:

$$t_3 = \frac{\text{CaE}}{\text{CaM}} \times (t_1 - t_2) + t_2$$

t3 temperatura a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, en °K

CaE = 542 m³/h caudal de aire exterior de ventilación

CaM = 2708 m³/h caudal de aire mezcla que ingresa a la unidad acondicionadora de aire

t1 = 308 °K temperatura exterior

t2 = 298 °K temperatura interior del local

$$t_3 = \frac{542 \text{ m}^3/\text{h}}{2708 \text{ m}^3/\text{h}} \times (308 \text{ °K} - 298 \text{ °K}) + 298 \text{ °K} = 300 \text{ °K}$$

□ Determinación de la temperatura del aire a la salida de la unidad acondicionadora de aire, t4

Se aplica la formula:

$$t_4 = f \times (t_3 - t_5) + t_5$$

f = 0,25 el factor de By Pass de la batería (de tabla N° 15)

t3 = 300 °K temperatura a la entrada de la unidad acondicionadora de aire

t5 = 285,6 °K temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA

$$t_4 = 0,25 \times (300 \text{ °K} - 285,6 \text{ °K}) + 285,6 \text{ °K} = 289,2 \text{ °K}$$

□ Determinación del factor de calor sensible total

Se aplica la formula:

$$\text{FCST} = \text{QST} / \text{QtotT} = \text{QST} / (\text{QST} + \text{QLT})$$

$$\text{FCST} = 9911 \text{ W} / 12425 \text{ W} = 0,8$$

□ **Determinación de la potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire, N_R**

Calculadas las temperaturas t_3 y t_4 , se sitúan en el diagrama los puntos N° 3 y N° 4. Para ello se traza la recta 1 – 2, con la recta de FCST a partir del punto N° 5, PRA, se sitúa el punto N° 3 en la intersección con la recta 1 – 2, a continuación con la intersección de la recta vertical correspondiente a la temperatura del punto N° 4 y la recta FCST se sitúa el punto N° 4.

Se obtienen las entalpías i_3 y i_4 en el diagrama están expresados en Kcal/h, Se aplica la fórmula:

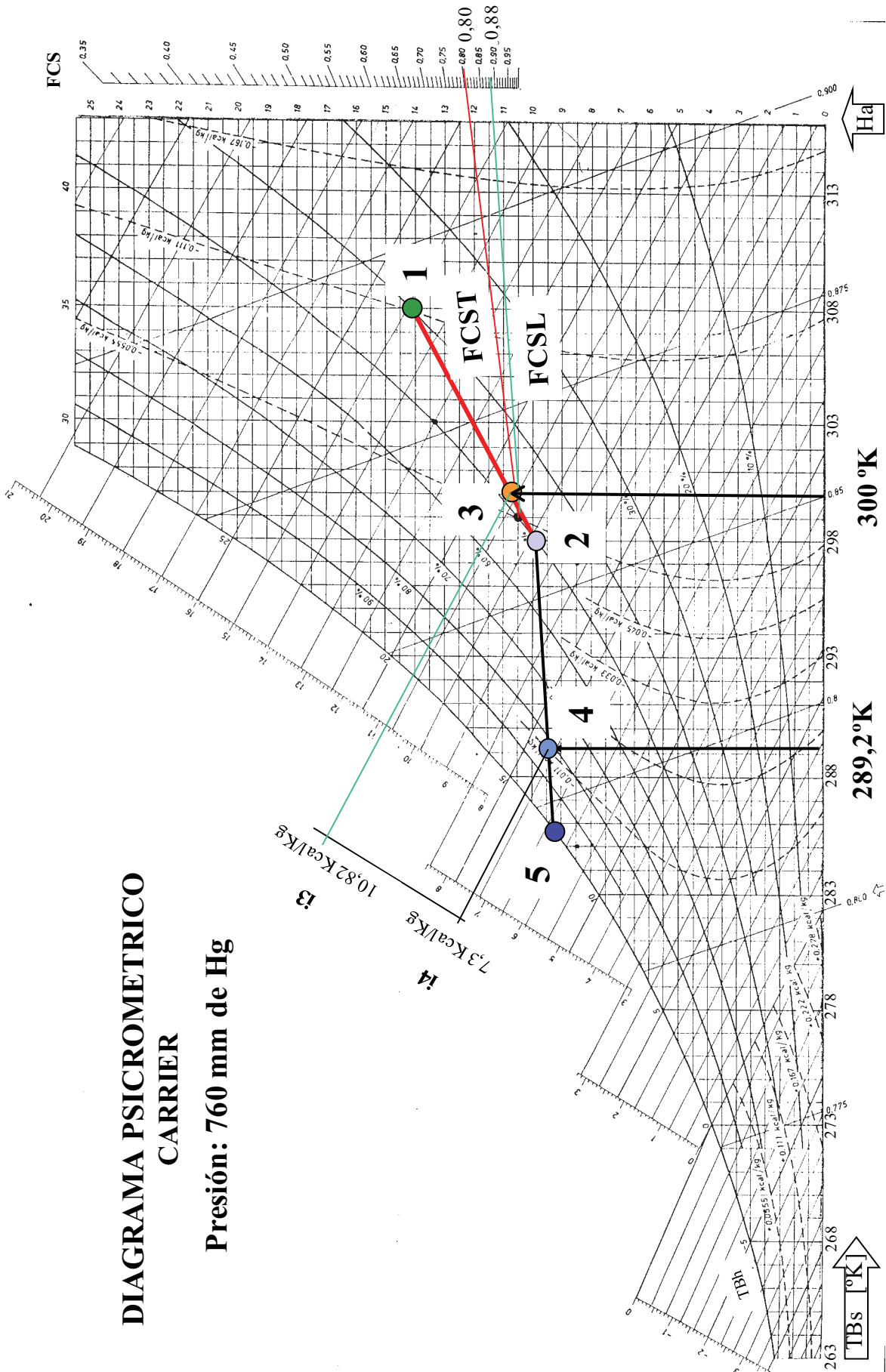
$$N = 1,392 \times CaM \times (i_3 - i_4) \quad [W]$$

N = potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire en Kcal/h

CaM caudal de aire mezcla que ingresa a la unidad acondicionadora de aire, en m^3/h

i_3 entalpía aire mezcla a la entrada de la unidad acondicionadora de aire estado N°3, en Kcal/h.

i_4 entalpía aire mezcla a la salida de la unidad acondicionadora de aire estado N°4, en Kcal/h.



$$N = 1,392 \times 2708 \text{ m}^3/\text{h} \times (10,82 \text{ Kcal/kg} - 7,3 \text{ Kcal/kg}) = 13268,8 \text{ W}$$

Para obtener la cantidad de toneladas de refrigeración, [TR], necesaria se transforma N en toneladas de refrigeración, a través de la siguiente expresión:

$$N_R = N / 1,163 \times 3024 = 3,8 \text{ TR} = 4 \text{ TR}$$

Ahora con todos los datos que hemos obtenido, debemos elegir la unidad acondicionadora de aire adecuada según catálogo del fabricante. Los datos fundamentales son:

CaM = 2708 m³/h caudal de aire mezcla que ingresa a la unidad acondicionadora de aire
t3 = 300 °K temperatura a la entrada de la unidad acondicionadora de aire
t5 = 285,6 °K temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA
N_R = 4 TR potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire

DIAGRAMA PSICROMETRICO CARRIER

Presión: 760 mm de Hg

TBs : Temperatura de bulbo seco

TBh : Temperatura de bulbo húmedo

Ha : Humedad absoluta

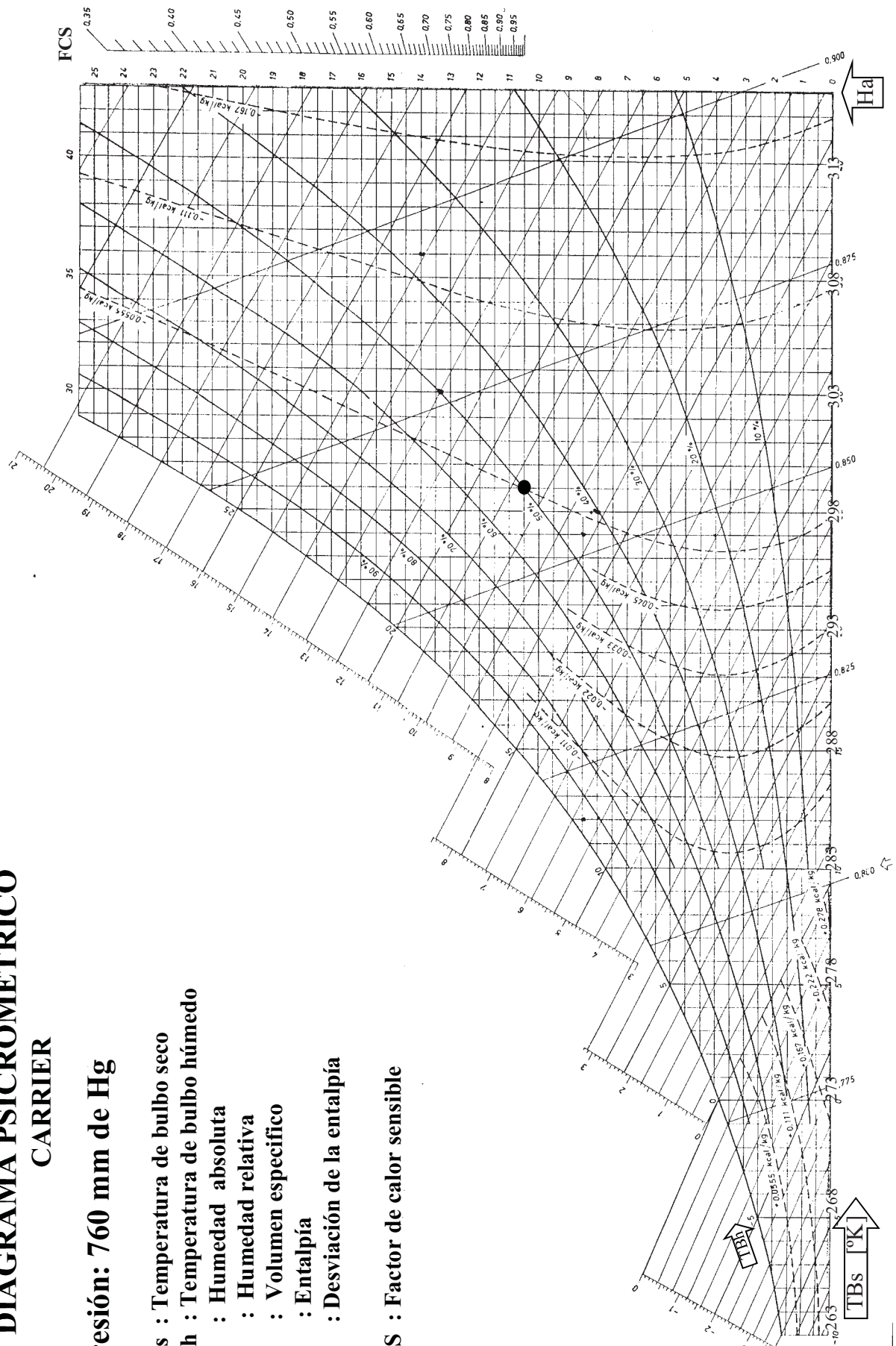
Hr : Humedad relativa

Ve : Volumen específico

J : Entalpía

d : Desviación de la entalpía

FCS : Factor de calor sensible



CAPITULO VII

SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO - SELECCIÓN

VII.1 INTRODUCCIÓN

Hasta aquí hemos analizado las condiciones de bienestar, determinado las cargas térmicas, para finalmente definir los parámetros a cumplimentar por parte de la unidad de acondicionadora de aire.

Sin embargo, no hemos abordado como seleccionar el sistema de acondicionamiento más conveniente en cuanto a su eficiencia, economía y tecnológicamente capaz de cumplir las condiciones mínimas de eficiencia y uso racional de la energía. En principio debemos conocer:

- ¿Qué entendemos por Sistema de Aire Acondicionado?
- ¿Cómo los clasificamos?
- ¿Cómo los seleccionamos?

VII.2 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

Las instalaciones de acondicionamiento de aire podemos dividir las en:

- **Instalaciones de calefacción:** satisfacen las condiciones de bienestar en la época invernal.
- **Instalaciones de ventilación:** satisfacen las condiciones de calidad y distribución del aire. Es decir filtrado, ventilación del local y circulación del aire durante todo el año.
- **Instalaciones de refrigeración:** satisfacen las condiciones de bienestar en la época de verano.

Las instalaciones que las comprenden son la:

- **Instalaciones de aire acondicionado:** satisfacen las condiciones de bienestar durante todo el año

VII.3 INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN:

Los sistemas de calefacción pueden clasificarse respecto a la ubicación de sus elementos en:

- 1 – Sistema Individual**
- 2 – Sistema Central**
- 3 – Sistema Mixto**

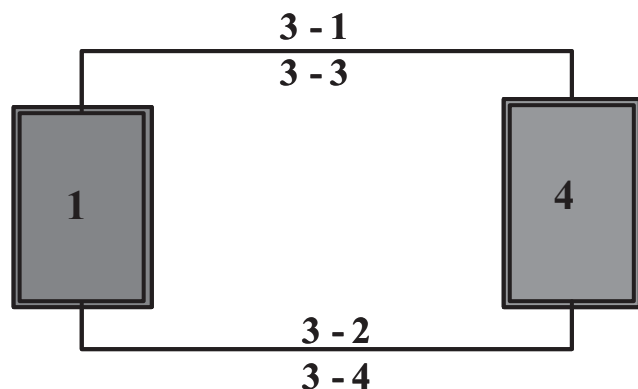
En el sistema individual cada local tiene su propio sistema de calefacción.-

El sistema central de calefacción se basa en una planta térmica que genera el fluido calefactor común para los locales a tratar.

El sistema mixto se basa en una planta térmica que genera agua caliente a vapor a baja presión común para los locales a tratar, ubicada en una sala de maquinas, se lo transporta hasta el equipo terminal para tratar el aire.

Trataremos en particular los sistemas de calefacción centrales y mixtos.

La instalación de calefacción está conformada básicamente por tres componentes principales:



Sistema de calefacción central

- 1) PLANTA TÉRMICA
- 3) CANALIZACIONES
- 3-1) CAÑERÍAS DE MANDO
- 3-2) CAÑERÍAS DE RETORNO
- 3-3) CONDUCTOS DE MANDO
- 3-4) CONDUCTOS DE RETORNO
- 4) EQUIPOS TERMINALES

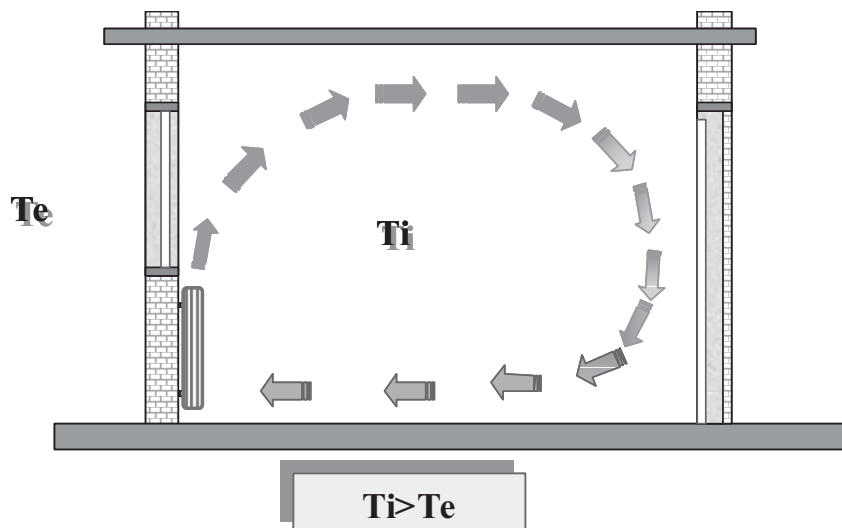
1) Planta Térmica: Cumple la función de generar un fluido calefactor, agua caliente, vapor a baja presión o aire caliente. Está formada básicamente por la Caldera, quemador, controles, conducto de humos y abastecimiento de combustible. En el caso de generar aire caliente este puede calentarse a través de baterías de resistencias eléctricas o quemadores a gas, conformando un artefacto calefactor o pueden colocarse en los conductos de inyección directamente.

2) Canalizaciones: Son las encargadas de transportar el fluido calefactor generado en la planta térmica, hasta los equipos terminales. Las canalizaciones de inyección se denominan montantes o mando y las de vuelta retornos. Si transportamos agua caliente o vapor a baja presión lo hacemos a través de cañerías, en cambio cuando transportamos aire caliente lo hacemos a través de conductos.

3) Equipos terminales: Son las fuentes emisoras de calor, encargadas de transferir las calorías del fluido calefactor a los distintos locales. Los equipos pueden ser: radiadores, convectores, caloventiladores, paneles radiantes, difusores, rejillas, etc.

Un sistema de calefacción tiene por función solo conseguir un aumento de la temperatura de los locales, produciendo simultáneamente un movimiento natural del aire (convección).

Generalmente la renovación de aire no se consigue con un sistema de este tipo, salvo en el caso particular de calefacción por aire caliente, en donde sí se obtiene dicha renovación, y, además, se logra una circulación o movimiento de aire forzado.



Los sistemas de calefacción centrales pueden clasificarse respecto a fluido calefactor de la siguiente manera:

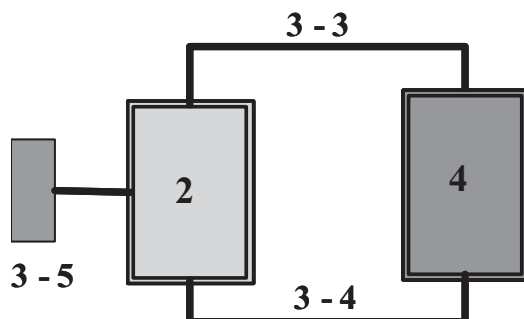
- | | |
|-------------------------------|--|
| a) Por agua caliente | [Circulación natural.- circulación forzada.- |
| b) Por vapor a baja presión.- | |
| c) Por aire caliente.- | [Circulación natural.- Circulación forzada.- |
| d) Por paneles radiantes.- | |

La circulación será forzada cuando para hacer circular el fluido calotransportador, frío o calor, se requiere de un equipo mecánico, como una bomba, en el caso de hacer circular agua fría o caliente, o un ventilador, aire tratado.

A pesar de que el sistema de calefacción por paneles radiantes es un sistema de agua caliente de circulación forzada, lo analizaremos por separado ya que como su nombre lo indica, entrega el calor por radiación y consecuentemente tiene particularidades propias.

VII.4 INSTALACIONES DE VENTILACIÓN MECÁNICA – Circulación forzada

La instalación está conformada básicamente por tres componentes principales:



- 2) PLANTA TRATAMIENTO
- 3) CANALIZACIONES
- 3-3) CONDUCTOS DE MANDO
- 3-4) CONDUCTOS DE RETORNO
- 3-5) CONDUCTO DE AIRE EXTERIOR
- 4) EQUIPOS TERMINALES

Sistema de ventilación mecánica

- 1) **Planta de Tratamiento:** Cumple la función de tomar el aire del exterior filtrarlo e impulsarlo por medio de ventiladores, destinados a dar aire a la presión necesaria para circular por la instalación.
- 2) **Canalizaciones:** Son las encargadas de transportar el aire impulsado por los ventiladores hasta los equipos terminales y, además, extraer el aire viciado de los locales, a fin de expulsarlo al exterior.
- 3) **Equipos terminales:** Son los elementos que tienen por finalidad inyectar o extraer el aire a los locales. Los mismos pueden ser difusores y/o rejillas.

Un sistema de ventilación forzada tiene por función inyectar o extraer el aire a los locales para satisfacer las condiciones de ventilación.

VII.5 INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración pueden clasificarse al igual que los de calefacción respecto a la ubicación de sus elementos en:

- 1 – Sistema Individual
- 2 – Sistema Central

3 – Sistema Mixto

Por lo general los sistemas refrigeración también pueden brindar calefacción cumplimentando los requisitos térmicos que requiere un sistema de aire acondicionado, por lo tanto las desarrollaremos en el punto siguiente.

VII.6 INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO

Podemos entender como instalación de aire acondicionado aquella que es capaz de mantener con un cierto grado de automaticidad, sin ruidos molestos, a lo largo de todo el año y en todos los ambientes acondicionados, las condiciones de temperatura y humedad relativa deseadas, asegurando, además, la pureza en el aire del ambiente y manteniendo simultáneamente la velocidad del aire adecuada en las zonas ocupadas, para proporcionar un máximo de confort a los ocupantes. Hoy además debemos pensar en el cumplimiento de eficiencia y uso racional de la energía.

Para la industria, que no es nuestro caso, además, se corresponde con el mejoramiento de los distintos procesos que se traten.

El sistema de aire acondicionamiento debe ser capaz entonces de brindar:

| | | |
|---|--|---|
| 1) Calefacción | | Condiciones higrotérmicas adecuadas en invierno |
| 2) Humectación | | |
| 3) Refrigeración | | Condiciones higrotérmicas adecuadas en verano |
| 4) Deshumectación | | |
| 5) Filtrado | | Condiciones de salubridad durante todo el año |
| 6) Circulación de aire | | |
| 7) Ventilación | | |
| 8) Eficiencia y uso racional de la energía del sistema. | | |

Condiciones higrotérmicas adecuadas en invierno:

Calefacción: Calefaccionar un local implica aumentar su temperatura para conseguir mejorar la condición de permanencia dentro del mismo.

En invierno si se calienta el aire sin agregarle humedad, la humedad relativa disminuye, provocando el resecamiento de las mucosas de las vías respiratorias con las consiguientes molestias fisiológicas.

Humidificación: Luego de calentar el aire, si es necesario, se lo pasa a través de un humidificador, ya que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más cantidad de agua.

Condiciones higrotérmicas adecuadas en verano:

Refrigeración: Refrigerar un local implica disminuir su temperatura para conseguir mejorar la condición de permanencia dentro del mismo.

En verano si no se procede a sacar humedad al aire, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez.

Deshumidificación: Luego de enfriar el aire, si es necesario, ya que siempre en la serpentina enfriadora se produce condensacion del vapor que contiene el aire que la atraviesa, por ende su deshumidificación, se lo pasa a través de un deshumidificador.

Condiciones de salubridad durante todo el año:

Filtrado consiste en purificar el aire mediante filtros que permitan quitarle las impurezas (polvo, humos, gases, impurezas o partículas en suspensión) en forma fisicoquímica para cumplir con una de las condiciones de aire saludable .

Circulación del aire dentro del local es necesaria para evitar su estancamiento y que se produzca el viciamiento del aire, además debe realizarse sin producir corrientes molestas zona de permanencia.

Ventilación es la función más importante para la salubridad de los ocupantes del local. Como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse aire nuevo en los locales para evitar que se produzca un viciamiento y olores en los mismos.

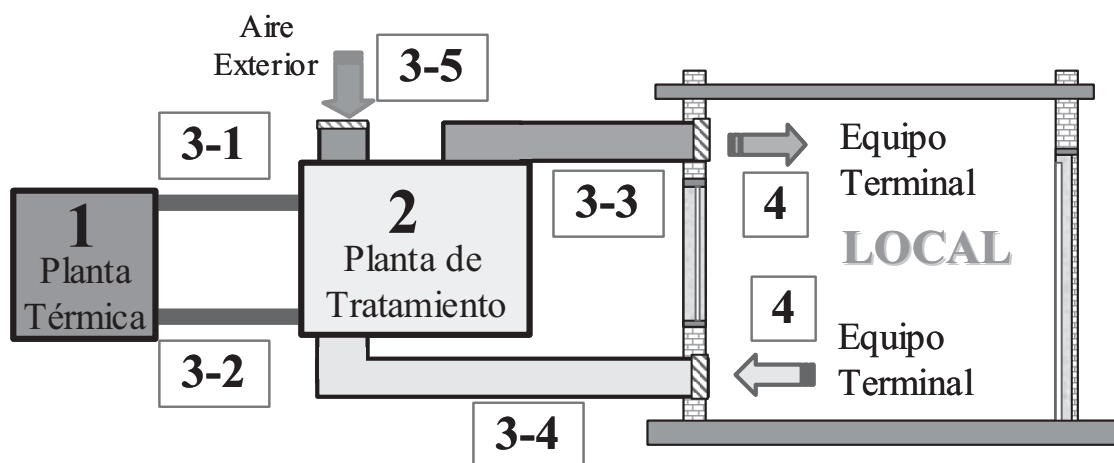
En general se toma el aire exterior para renovar una parte del aire de la instalación, provocando una renovación constante del aire circulante dentro de un lapso determinado de tiempo.

Eficiencia y uso racional de la energía del sistema: Una instalación de aire acondicionado debe ser sustentable técnicamente, desde la etapa de proyecto hasta el desmantelamiento del mismo y permitir un nuevo desarrollo adaptable a las tecnologías de mayor eficiencia. Básicamente en la etapa de proyecto e instalación, debemos hacer uso de energías rentables económicamente además contar con equipos y fluidos portadores tecnológicamente eficientes durante el ciclo de vida, en lo posible el uso de energías alternativas. Durante la etapa de servicio debemos contar con una correcta operación y mantenimiento del sistema.

La selección o el diseño general de la instalación debe ser eficiente y a través del mantenimiento, la permanencia en el tiempo de las prestaciones y el rendimiento de todos sus componentes, las condiciones de eficiencia y uso racional deben mantenerse durante el ciclo de vida prevista.

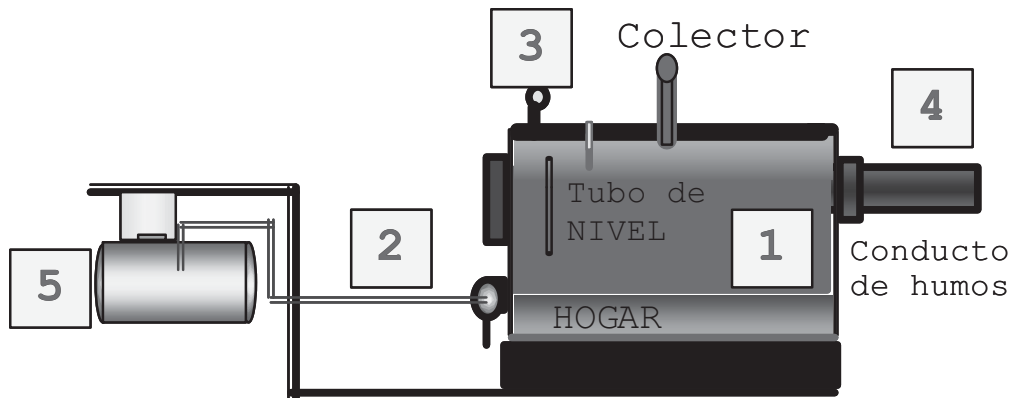
Un sistema de aire acondicionado podemos dividirlo en las siguientes partes:

- 1) PLANTA TÉRMICA
- 2) PLANTA DE TRATAMIENTO
- 3) CANALIZACIONES
 - 3-1) CAÑERÍAS DE MANDO
 - 3-2) CAÑERÍAS DE RETORNO
 - 3-3) CONDUCTOS DE MANDO
 - 3-4) CONDUCTOS DE RETORNO
 - 3-5) CONDUCTO DE AIRE EXTERIOR
- 4) EQUIPOS TERMINALES



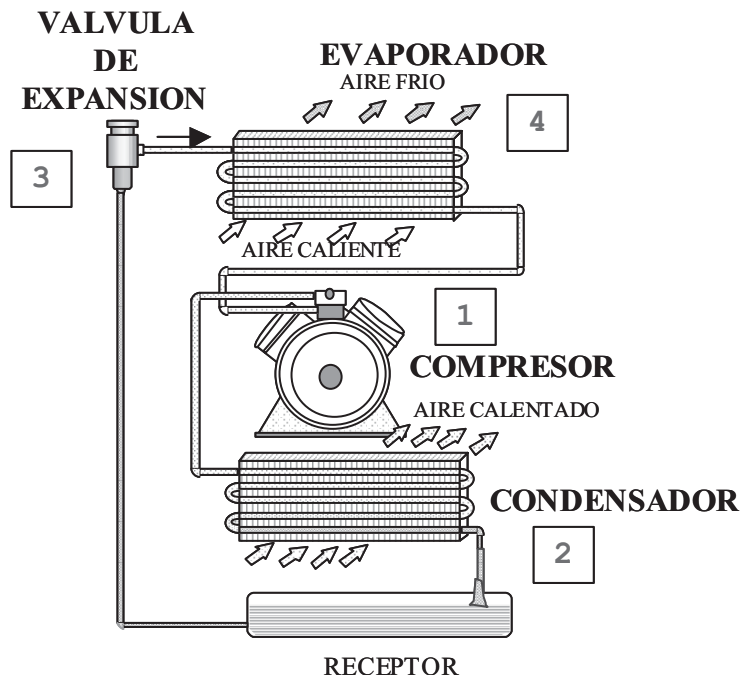
1 - Planta térmica: Es la encargada de suministrar el fluido calefactor cuando se requiera calefaccionar o el fluido refrigerante cuando se requiere refrigerar, los ambientes a acondicionar.

- ❑ **Ciclo de calefacción:** La planta térmica produce agua caliente, vapor a baja presión o aire caliente según el sistema que utilicemos.
Estará conformada si produce agua caliente o vapor a baja presión por los siguientes elementos: Caldera [1], quemador [2], controles [3], conducto de evacuación de humos [4] y abastecimiento de combustibles [5].



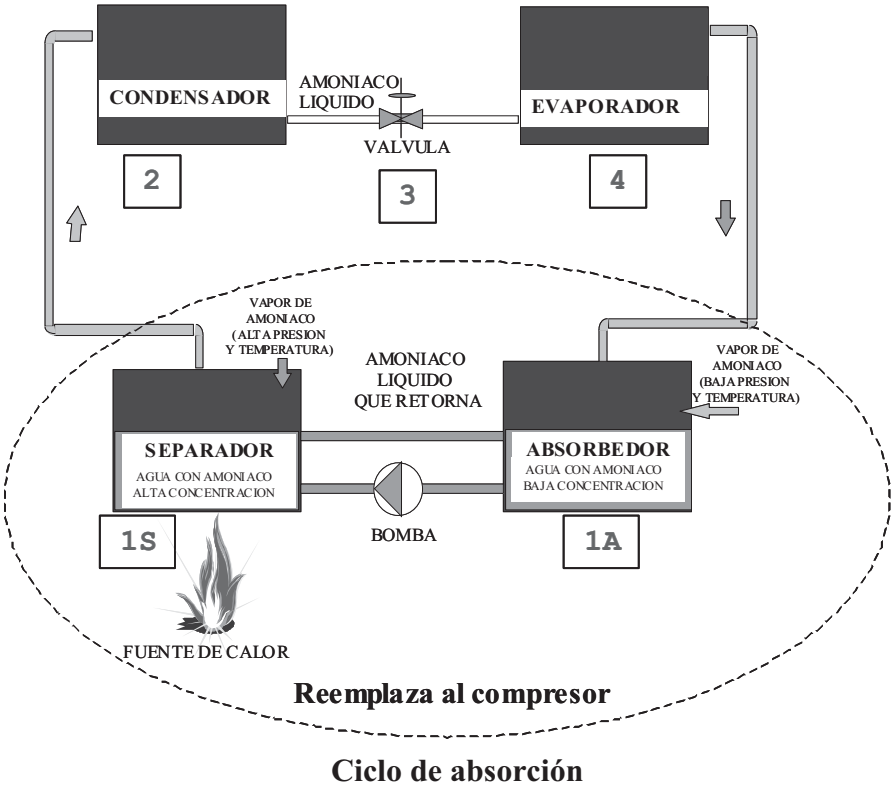
En cambio si generamos aire caliente estará conformada por un calefactor ya sea eléctrico o a gas.

- ❑ **Ciclo de refrigeración:** En aire acondicionado podemos utilizar la refrigeración mecánica o refrigeración por absorción.
Si utilizamos el ciclo de refrigeración mecánica la planta térmica estará conformada por los siguientes elementos: Compresor mecánico [1], Condensador [2], Valvula de expansión [3] y Serpentina evaporadora o Evaporador [4].



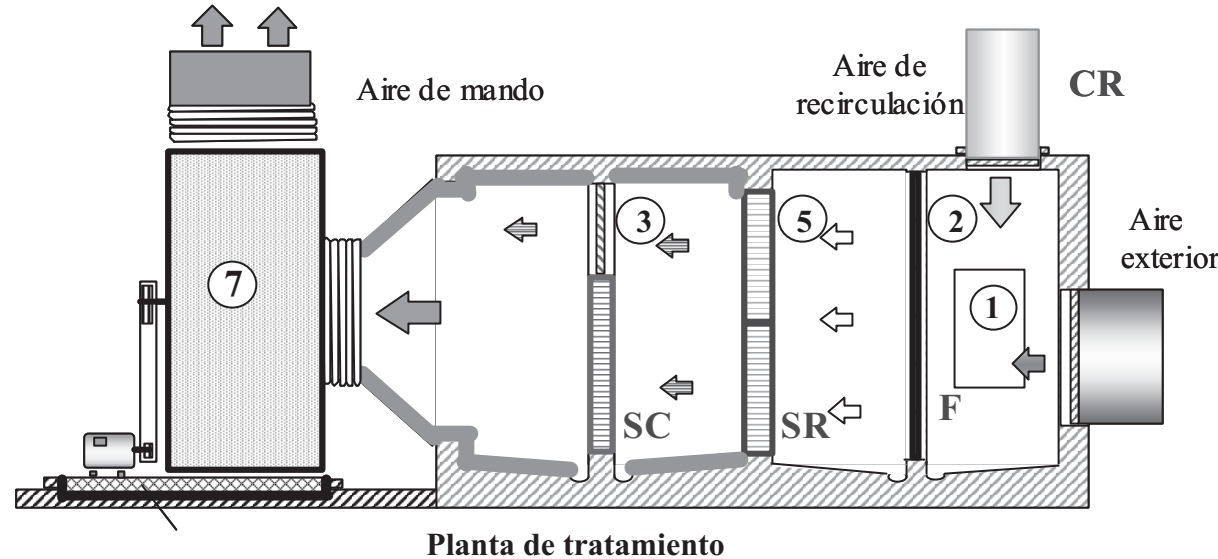
Ciclo de compresión – máquina frigorífica

Si utilizamos el ciclo de refrigeración por absorción la planta térmica estará conformada por los siguientes elementos: Absorbedor [1A], Separador [1S], (estos dos componentes reemplazan al compresor en el ciclo de refrigeración mecánica), Condensador [2] , Valvula de expansión [3] y Serpentina evaporadora o Evaporador [4].



2 - Planta de tratamiento: Cumple las funciones de mezclado del aire (aire exterior y recirculado), filtrado, calentamiento o enfriamiento, humectación, o deshumectación e impulsión.

La planta de tratamiento está conformada por: Cámara de mezcla [1], Panel de filtros [2], Serpentina de calefacción [3], Humidificador (si es necesario) [4], Serpentina de refrigeración [5], Deshumidificador (si es necesario) [6] y Ventilador de impulsión [7]



3 - Canalizaciones: Son las encargadas de transportar a través de un circuito de cañerías el fluido calefactor (agua caliente o vapor a baja presión) o refrigerante (agua fría o gas refrigerante), desde la planta térmica hasta la planta de tratamiento.

Además, son las encargadas de transportar, a través de conductos, el aire tratado desde la planta de tratamiento hasta los equipos terminales, ubicados dentro del local, (aire de mando o aire de alimentación), el aire de recirculación desde el local hacia la planta de tratamiento (aire de retorno) y el aire de ventilación o renovación desde el exterior hacia la planta de tratamiento (aire exterior).

4 - Equipos terminales: Son los elementos (difusores, rejillas, etc.) encargados de inyectar o extraer el aire de los locales.

VII.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Los sistemas de aire acondicionado pueden clasificarse de la siguiente manera:

Respecto a su uso:

a – Confort o bienestar

b – Industrial

Nosotros trataremos solamente las instalaciones de bienestar.

Respecto a la ubicación de sus elementos:

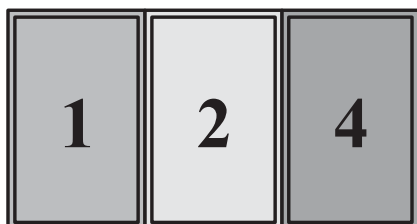
1 – Sistema Individual

2 – Sistema Central

3 – Sistema Mixto

La diferencia básica entre cada uno de los sistemas surge de la distinta ubicación de sus componentes.

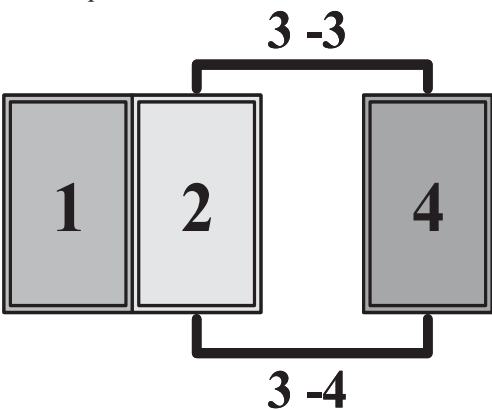
El esquema conceptual para un Sistema Individual es el siguiente: Todos los componentes se ubican en un mismo equipo:



- 1) PLANTA TÉRMICA**
- 2) PLANTA DE TRATAMIENTO**
- 3) CANALIZACIONES**
- 4) EQUIPOS TERMINALES**

Sistema Individual

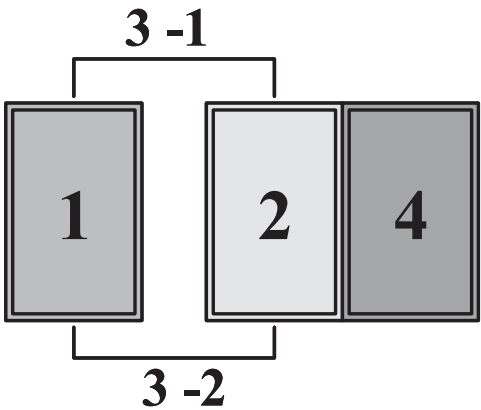
El esquema conceptual para un Sistema Central es el siguiente: Todos los componentes de la planta térmica y de la planta de tratamiento se ubican en la sala de máquinas, y el aire es transportado por conductos a los equipos terminales:



- 1) PLANTA TÉRMICA
- 2) PLANTA DE TRATAMIENTO
- 3) CANALIZACIONES
- 3-3) CONDUCTOS DE MANDO
- 3-4) CONDUCTOS DE RETORNO
- 4) EQUIPOS TERMINALES

Sistema Central

El esquema conceptual para un sistema mixto es el siguiente: Todos los componentes de la planta térmica se ubican en la sala de máquinas, y el fluido térmico es transportada por cañerías hacia la planta de tratamiento la cual se encuentra ubicada en un mismo equipo con los equipos terminales.



- 1) PLANTA TÉRMICA
- 2) PLANTA DE TRATAMIENTO
- 3) CANALIZACIONES
- 3-1) CAÑERÍAS DE MANDO
- 3-2) CAÑERÍAS DE RETORNO
- 4) EQUIPOS TERMINALES

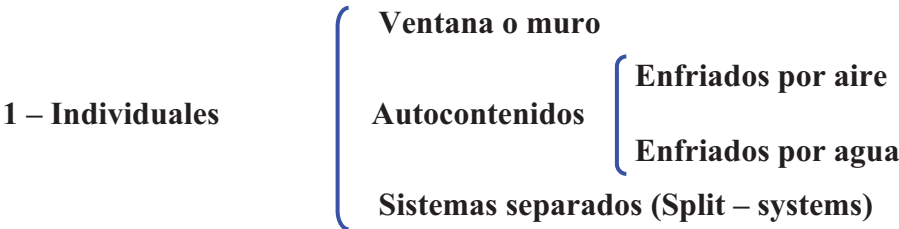
Sistema Mixto

A su vez podemos clasificarlos como sistemas de:

- 1) Expansión directa
- 2) Expansión indirecta

1) Expansión directa: Diremos que un sistema es de expansión directa cuando el aire a tratar térmicamente (enfriar o calentar, según analicemos), esta en contacto directo con la serpentina por la cual circula el gas refrigerante o calefactor (agua caliente o vapor a baja presión). Es decir, el evaporador o serpentina de calefacción se encuentra dentro de la cámara de tratamiento.

Podemos clasificarlos de la siguiente manera:



2 - Centrales

Volumen de aire constante (VAC) – “Todo aire”

Volumen de aire variable (VAV)

3 – Mixtos

Volumen de refrigerante variable (VRV)

2) Expansión indirecta: Diremos que un sistema es de expansión indirecta cuando el aire a tratar térmicamente, (enfriar o calentar, según analicemos), está en contacto directo con la serpentina por donde circula el agua enfriada o calentada en un intercambiador de calor.

Podemos clasificarlos de la siguiente manera:

3 – Mixtos

Ventilador – Serpentina (Fan- Coil) – “Todo agua”

Inducción – “Aire – agua”

VII.8 SELECCIÓN DE SISTEMAS

Para realizar una selección adecuada de los distintos sistemas de acondicionamiento del aire podemos utilizar los siguientes criterios:

- 1) Factores constructivos
- 2) Características de cada sistema - Ventajas y desventajas de cada sistema

1) FACTORES CONSTRUCTIVOS: La enumeración de los factores más importantes no es taxativa, su orden será determinado por las características predominantes del proyecto arquitectónico y su construcción. Cada uno de los factores enumerados puede determinar la elección de sistema de acondicionamiento:

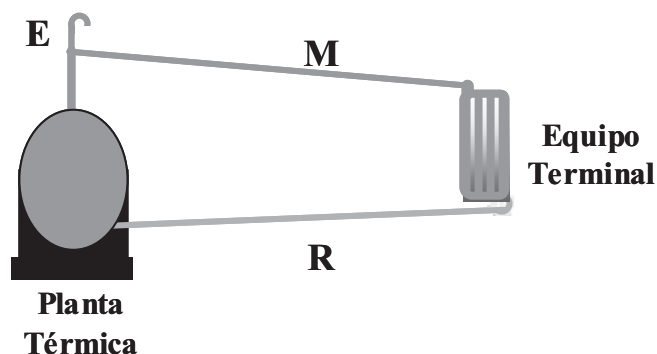
- ✓ **Desarrollo constructivo:** El desarrollo preponderantemente horizontal o vertical del edificio, espacios que se disponga para las instalaciones, etc.
- ✓ **Flexibilidad del edificio:** El destino de los locales, sus dimensiones, puede ser fijo o variar de acuerdo a los distintos requerimientos, Planta libres sin destino fijo por ejemplo.
- ✓ **Requerimientos de ventilación o renovación de aire:** Las necesidades del requerimiento de ventilación de los locales dependen del destino, (por ejemplo una sala de cirugía requiere 100% de renovación del aire) y de la cantidad de personas que las ocupen.
- ✓ **Exigencias de los valores de temperatura y humedad relativa a mantener:** Los parámetros higrotérmicos pueden ser muy estrictos cuando tratamos aire para un determinado proceso industrial, (por ejemplo un laboratorio donde se fabrican pastillas efervescentes).
- ✓ **Funcionamiento del edificio:** Si el edificio funciona en forma continua o discontinua, (básicamente es la permanencia de las personas dentro del local).
- ✓ **Función del edificio:** Dependerá si tratamos aire para una industria, oficina, hotel, hospital, vivienda etc.
- ✓ **Ubicación geográfica del edificio:** La latitud y altitud definen por ejemplo los parámetros interiores y exteriores de temperatura y humedad.

- ✓ **Características del entorno:** El entorno determina sombras sobre el edificio, vientos, asoleamientos, etc.
- ✓ **Infraestructura existente:** La existencia de redes de servicios, electricidad, gas, agua, combustibles, etc.
- ✓ **Costo total:** Incluye siempre el costo de proyecto, ejecución, operación, mantenimiento y el desmantelamiento del sistema de aire acondicionado.

2) CARACTERÍSTICAS DE CADA SISTEMA:

□ INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

1- Calefacción por agua caliente



VENTAJAS

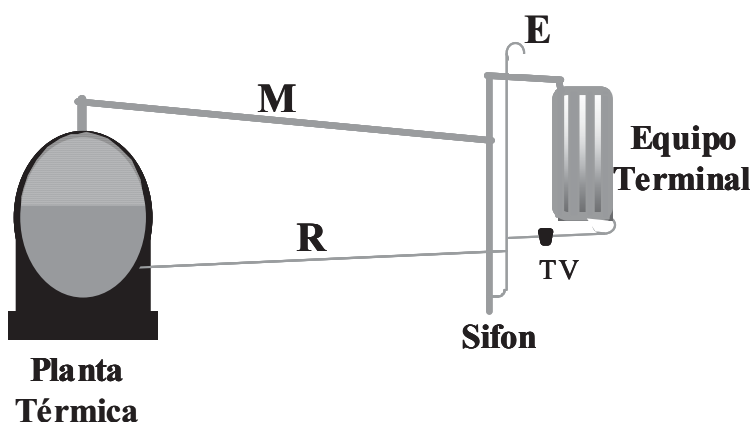
- Calor suave, agradable y con bajo tostamiento de polvo acumulado sobre los equipos terminales, (radiadores, convectores, etc.).-
- Funcionamiento silencioso, por ausencia de ruidos y chasquidos que generalmente se producen en el sistema por vapor a baja presión.-
- Mayor duración de las cañerías, con protección exterior a través de aislaciones y revestimientos e interior por permanecer siempre lleno de agua. El contenido de sales y aire es mínimo reduciéndose el riesgo de corrosión y el de obstrucción interior por deposito de incrustaciones.-
- Buena regulación en planta térmica y en equipos terminales. Variando la temperatura del agua a la salida de la caldera podemos controlar la cantidad de calor que ceden los equipos terminales a los distintos locales. Usando vapor esto no es posible, ya que para hacerlo circular se necesita una cierta presión, y debido a que la presión que debe generarse depende de la temperatura de la caldera, la regulación no es posible -
- Calor remanente en los equipos terminales, luego de detenida el funcionamiento del sistema (inercia térmica).-
- Menor pérdida de calor por tuberías respecto de la instalación de vapor, por ser más bajas las temperaturas del fluido de circulación, (por agua temperatura máxima a 80° mientras que por vapor 105° a 110°).-

DESVENTAJAS

- Lentitud de puesta en marcha y en régimen.- Debido a la lenta circulación del agua en los casos de termosifón se ve aumentado el periodo de precalentamiento. A fin de mejorar dicho inconvenientes utilizan los sistemas de circulación forzada a través de bombas circuladoras colocadas en los retornos.-
- Graves inconvenientes en el edificio, de producirse en las cañerías pérdidas de agua, en mayor medida si estas se encuentran embutidas.-
- En zonas de muy bajas temperaturas, se puede producir el congelamiento del agua.-
- En función de los equipos terminales utilizados, las fuentes emisoras son puntuales, por lo que la distribución del calor no es uniforme.-

Resumen: El sistema de calefacción por agua caliente circulación natural (termosifón) es solamente indicado para edificios habitados durante la mayor parte o todo el día, como ser: residencias, casas de rentas, hospitales, que funcionen las 24 horas.

2- Calefacción por vapor a baja presión



VENTAJAS

- Rápida puesta en marcha y en régimen.- Esta condición se debe al calor latente de vaporización que el fluido caloportador entrega al equipo terminal al condensarse.
- No existe la posibilidad de congelamiento del agua, debido a que no circula agua por las cañerías.-
- Menores inconvenientes en el edificio en caso de producirse deterioros en las cañerías, con respecto al sistema de agua caliente.-
- No existe calor remanente en los equipos terminales, al cerrar la llave del equipo terminal en forma casi instantánea se suprime el suministro de calor al local.

DESVENTAJAS

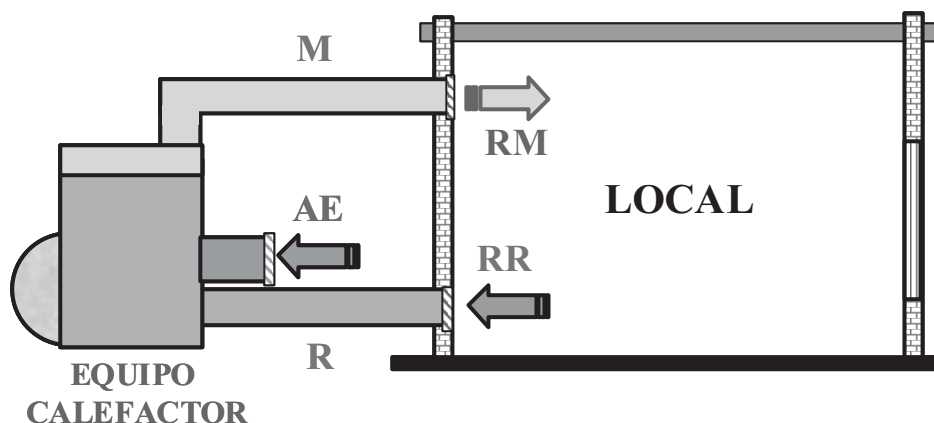
- Calor arrebatante, fuerte y con alto tostamiento de polvo.-
- Funcionamiento ruidoso. En la puesta en funcionamiento las cañerías están frías lo que produce condensación del vapor durante el recorrido produciéndose ruidos mayor del normal, estos disminuyen a un nivel aceptable cuando se calientan las paredes de las cañerías.-
- Menor duración de las cañerías. El interior tiene alternativamente vapor de agua, condensación y aire lo que produce oxidación y corrosión de las cañerías.-

- Difícil regulación en equipos terminales, Solo se puede regular actuando sobre cada uno de los equipos terminales.-
- No existe calor remanente en los equipos terminales.-
- En función de los equipos terminales utilizados al ser puntuales las fuentes emisoras, la distribución del calor no se realiza uniformemente.-

Resumen: Las instalaciones de calefacción por vapor son adecuadas para edificios muy extensos y/o altos y en todos aquellos en que es esencial una puesta en régimen rápida por tener bruscas o repentinas variaciones de la carga térmica.

3- Calefacción por aire caliente circulación forzada

Trataremos el sistema por aire caliente circulación forzada, que es el que generalmente se emplea.-



VENTAJAS

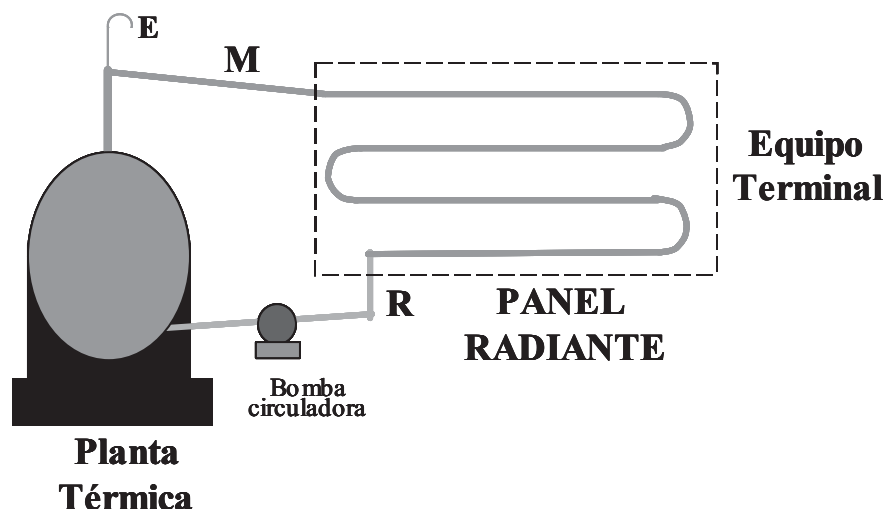
- Calor suave y agradable.-
- Rápida puesta en marcha y en régimen.-
- Tiene posibilidad del filtrado del aire y renovación (ventilación).-
- No existen problemas de pérdidas de agua.-
- Duración ilimitada de las canalizaciones.-
- Buena distribución del calor, en función de una correcta distribución de los equipos terminales (rejillas o difusores).-

DESVENTAJAS

- No existe posibilidad de regulación por parte del usuario.-
- No existe calor remanente en los equipos terminales.-
- Requerimientos de amplios espacios para la ubicación de los conductos.-

Resumen: Las instalaciones de calefacción por aire caliente son adecuadas para edificios muy extensos y de poca altura, por los espacios que ocupan los conductos. En la mayoría de los casos se los utiliza en residencias de dos o tres plantas, locales comerciales y en todos aquellos locales en los cuales es esencial una puesta en régimen rápida por tener bruscas o repentinas variaciones de la carga térmica.

4- Calefacción por paneles radiantes – circulación forzada



VENTAJAS

- Calor suave, agradable y con bajo tostamiento de polvo (debido a las bajas temperaturas de régimen).-
- Funcionamiento silencioso.-
- Mayor duración de las cañerías, con protección exterior a través de aislaciones y revestimientos e interior por permanecer siempre lleno de agua, exteriormente están protegidas exteriormente con mortero sobre la base de cemento, ya que generalmente se las embute en losas.-
- Baja temperatura del aire del local, consecuencia de la transmisión del calor por radiación.-
- Posibilidad de ventilar los locales a través de ventanas, con poca pérdida de calorías.-
- Distribución del calor uniforme, ya que las superficies emisoras son importantes.-
- Flexibilidad total de los locales, al no aparecer en los mismos equipos terminales.-

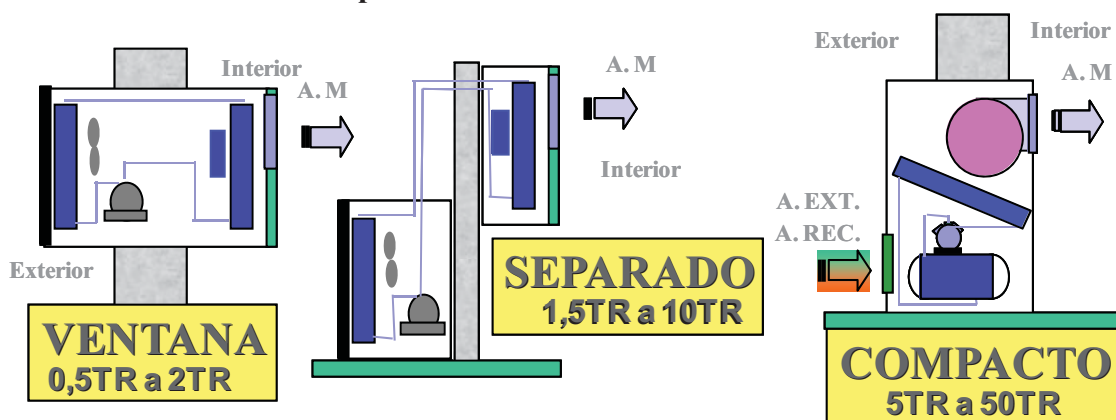
DESVENTAJAS

- Gran inercia térmica, que ocasiona en zonas de temperaturas muy variables una difícil regulación.-
- Debido a la inercia térmica se debe contar con un muy buen sistema de controles de temperatura.-
- Lentitud de puesta en marcha y en régimen.-
- Graves inconvenientes en el edificio, de producirse en las cañerías pérdidas de agua.-
- En zonas de muy bajas temperaturas, se puede producir el congelamiento del agua.-

Resumen: Las instalaciones de calefacción por paneles radiantes son adecuadas en zonas donde la variación térmica durante el día sea pequeña y por lo general en edificios extensos. La tendencia actual es utilizar el sistema como individual.

❑ INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO:

1- Sistema individual – Expansión directa



VENTAJAS

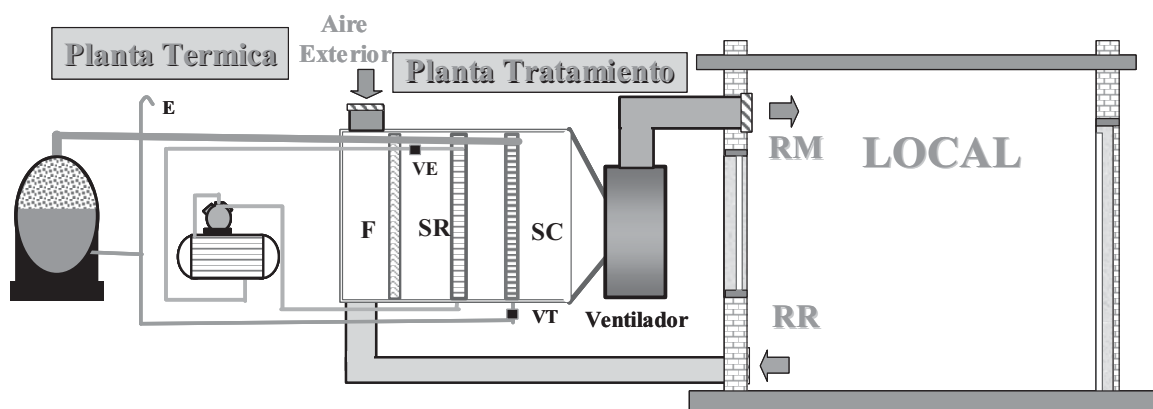
- Bajo costo de instalación, los equipos son de fabricación estándar (prefabricados).-
- No requieren grandes espacios para la sala de máquinas, ni instalaciones especiales.-
- Buena distribución del aire y satisfacción de los requisitos térmicos para los equipos autocontenidos, (en caso de utilización de conductos de alimentación y retorno).-
- Posibilidad de zonificación e independización de distintos sectores o plantas del edificio.-

DESVENTAJAS

- Capacidad frigorífica y caudal de aire limitados, especialmente en los equipos ventana y separados.-
- Alcance reducido en los equipos del tipo ventana y separados y en los autocontenidos cuando se los utiliza sin conductos (aproximadamente 5 metros).-
- Duración limitada, dada su fabricación en serie.-
- Alto costo operativo, en especial en los equipos tipo ventana.-
- Alto costo de mantenimiento, en razón de la cantidad necesaria de equipos a instalar.-
- Poca satisfacción de los requisitos térmicos necesarios.-
- Para el caso de equipos autocontenidos y de capacidad frigorífica relativamente importante se requiere la instalación de una planta térmica para el ciclo invierno.-
- Limitación en los porcentajes de aire exterior a utilizar.-

Resumen: Se los utiliza donde los requerimientos de bienestar son estándar, (sin requerimientos precisos de humedad ambiente), cuando es necesario flexibilidad o zonificación de los locales tratados.

2- Sistema central – Expansión directa



VENTAJAS

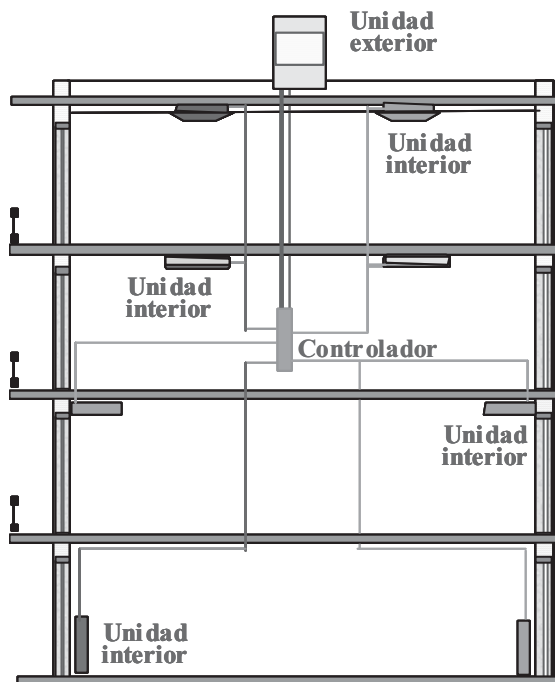
- Buena distribución del aire y plena satisfacción de los requisitos higrotérmicos deseados.-
- Bajo costo de la instalación respecto de los sistemas mixtos.-
- Capacidad frigorífica y caudal ilimitados.-
- Bajo costo de mantenimiento, por estar todos sus componentes concentrados en una única sala de máquinas.-
- Mayor vida útil.-
- No existe limitación en cuanto al porcentaje de aire exterior a utilizar.-

DESVENTAJAS

- Requiere la utilización de grandes espacios para la ubicación de conductos y sala de máquinas.-
- No existe la posibilidad de zonificar distintos sectores del edificio, en función de sus necesidades, (horarios, ocupación, orientación, etc.), para el sistema central de volumen constante.-
- Esta limitado el volumen a impulsar por el sistema de volumen variable, debe cumplirse las condiciones de ventilación.-

Resumen: El sistema central todo aire pueden aconsejarse para edificios con plantas, bastantes extensas y con una elevación de no más de 10 a 12 pisos, (limitado por los espacios de los conductos de mando y retorno).

3- Sistema mixto – Sistema de refrigerante variable (VRV) – Expansión directa



VENTAJAS

- Plena satisfacción de requisitos térmicos.-
- Capacidad frigorífica y caudal de aire ilimitado.-
- No existe limitación respecto del porcentaje de aire exterior a utilizar.- (Se debe complementar con un sistema de ventilación con recuperación de calor).-
- No requiere grandes espacios para el desarrollo de conductos y/o cañerías. No requiere grandes espacios en sala de máquinas.-
- Si bien su costo inicial es superior, teniendo en cuenta los costos de operación y mantenimiento, lo hace equivalente con otros sistemas. Al ser un sistema modular, tiene una buena seguridad ante fallas.-
- Al no utilizar un fluido caloportador, no existen inconvenientes con las pérdidas de agua.-
- Sistema de control inteligente. Su regulación se hace por control remoto directamente por el usuario.-
- Permite flexibilidad total (zonificación y regulación).-
- Variedad de equipos terminales.-

DESVENTAJAS

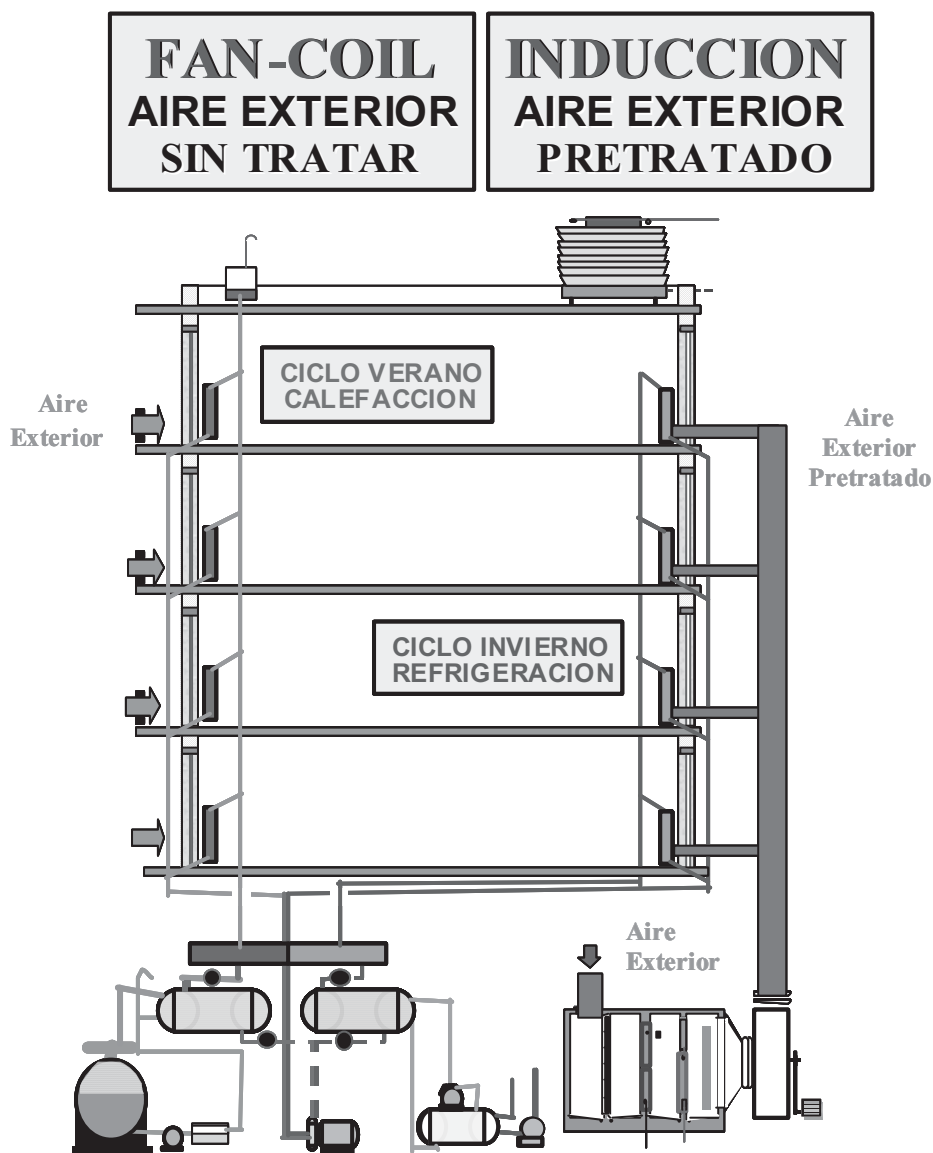
- Tiene un mayor costo inicial.-
- La mayor complejidad del sistema requerirá personal más capacitado técnicamente, para las tareas de mantenimiento.-
- A pesar de no existir suficiente información estadística, su vida útil es inferior a otros sistemas.-
- Alto costo de mantenimiento. Si se produce una pérdida de gas refrigerante en las cañerías y aunque las modernas técnicas de pruebas y control de calidad lo hacen muy improbable, su localización y reparación podría ser muy laboriosa. Como las

unidades terminales se distribuyen en los distintos locales, es necesario el tendido de un sistema de cañerías para el drenaje del condensado.-

- El sistema debe cumplimentarse con otro que permita la renovación del aire interior.-

Resumen: El sistema VRV esta limitado en sus costos de adquisición y renovación del aire ambiente. Es casi la unica alternativa cuando se quiere acondicionar un edificio existente que no cuenta con los espacios o no se pueden generar por tener la construcción un carácter historico por ejemplo.

3- Sistema mixto – Expansión indirecta



VENTAJAS

- No requieren grandes espacios para la ubicación de conductos.-
- Permite flexibilidad total, tanto en la posibilidad de zonificación de los distintos sectores del edificio, como por su regulación por parte del usuario.-
- Buena distribución del aire y satisfacción de los requisitos térmicos, en caso de utilización de equipos zonales, (con utilización de conductos de alimentación y retorno).-
- No existe limitación en cuanto al porcentaje de aire exterior, en caso de emplear equipos zonales.-

DESVENTAJAS

- Caudal de aire y alcance limitado, en el caso de los equipos perimetrales.-
- Alto costo de instalación.-
- Alto costo de mantenimiento por la diversidad de equipos que deben instalarse.-
- Requieren espacios importantes para la instalación en la sala de máquinas.-
- Al utilizar el agua como fluido caloportador, si se produce una pérdida en las cañerías su localización y reparación podría ser muy laboriosa

Resumen: Este sistema se utiliza en edificios, de desarrollo preponderantemente vertical, generalmente de gran altura

VII.9 CONVENIENCIA DE UTILIZACIÓN ENTRE UN SISTEMA CENTRAL Y UNO INDIVIDUAL:

La tendencia actual en acondicionamiento de aire es la de utilizar los sistemas individuales o semi-centralizados frente a un sistema central. Sobre todo donde tenemos distintos usuarios, (propiedad horizontal, edificio de oficina, locales comerciales, etc.)

Los motivos fundamentales, (las desventajas del sistema), son que con el sistema central es difícil:

- a) Satisfacer las necesidades particulares de los distintos locales (Zonificación, horarios, etc.). El acondicionamiento de aire individual tiene la ventaja que puede hacerse funcionar cuando el usuario lo requiera y puede ser regulada en función de su gusto particular, si bien puede no satisfacer totalmente las necesidades de confort.
- b) Asegurar al usuario los reales costos de funcionamiento. En el sistema individual, o semicentralizada, por el contrario, realmente paga lo que consume y, además, desembolsa sus propios gastos de reparación.

VII.10 APLICACIONES

Las aplicaciones particulares de acondicionamiento que veremos a continuación reflejan las características sobresalientes del local que determinan el cálculo de la carga y el sistema más conveniente.

Locales de vivienda: Son locales que tienen elevada cubicación de aire frente a las aportaciones de calor vital, por ser bajo el número de ocupantes. Son mínimos los requisitos de renovación del aire, y hasta puede tenerse en cuenta el aire de renovación que penetra por infiltración. La renovación del aire ambiente puede ser reducida al mínimo y generalmente no supera el 20 % del caudal total de aire circulado.

Muchos fabricantes producen unidades de calefacción, acondicionamiento y bombas de calor especiales para estos locales. En tales casos lo que se busca es la adaptabilidad y la solidez de estas unidades.

Establecimientos de restaurantes, cafeterías, comedores y bares: La característica principal de estos locales es la existencia de grandes cargas, por ocupantes en los salones y por cocción en la cocina, a determinadas horas del día y de la noche. Estas cargas picos deben analizarse junto con las cargas externas que existen al mismo tiempo para determinar la verdadera carga de refrigeración. Es un requisito indispensable la buena ventilación con un control del aire extraído para neutralizar los olores de la comida y del tabaco. Esta ventilación debe realizarse no solamente para el bienestar del ocupante, sino para evitar la absorción de olores por las paredes y mobiliario.

Debe ponerse especial cuidado en el sistema de extracción de aire. Este sistema debe arrastrar los olores y ganancias de calor de la zona donde se cocina, debiendo existir siempre un movimiento de aire que se aleja de la zona destinada a comedor.

En los comedores debe existir siempre una ligera sobrepresión. La cocina y despensa deben tener presión negativa. Los aparatos donde se produce cocción, deben tener campanas de extracción que eliminan las ganancias de calor y humedad.

Salas de espectáculos y reuniones: La característica diferencial de esta categoría de locales es debida a la elevada aportación de calor sensible y latente por el gran número de personas reunidas en condiciones especiales de actividad (generalmente sentadas) y de vestir, que determinan mayores exigencias de bienestar especialmente en lo que se refiere al control y eliminación de molestas corrientes de aire (puertas, pasillos, escenarios, etc.) y la uniformidad de distribución del aire acondicionado en cuanto a condiciones térmicas y a velocidad. El volumen disponible para cada persona es generalmente más reducido que para las otras categorías y por lo tanto deberá tenerse en cuenta el volumen de aire de renovación o aire exterior y calcularlo sobre la base del número de personas ocupantes, más bien que aplicar un valor porcentual del caudal total inyectado. Por lo tanto adoptaremos los valores válidos para viviendas con un estudio especial del caudal de aire de renovación.

Tiendas: El ciclo de trabajo puede ser de 8 a 12 horas (a veces 24 horas) gran intensidad luminosa, cantidad de ocupantes variable y gran cantidad de mercancía.

Estas zonas exigen un tratamiento especial de las ganancias y pérdidas de calor y ventilación a causa de las máquinas de distribución de bebidas, vitrinas para comestibles, cigarrillos, caramelos, venta de fotos, salones de belleza, etc., con sus aparatos productores de calor y olores.

La mercancía almacenada y el mobiliario que forma parte de un almacén pueden utilizarse para reducir la carga haciendo uso del efecto de preenfriamiento. El frío almacenado en las mercancías compensará las cargas máximas y reducirá el tamaño del equipo. Cuando los locales son de techo alto se puede hacer uso de la estratificación del calor por medio de la extracción de aire natural o forzado.

Iglesias, teatros y salas de música: Estas aplicaciones tienen en común un considerable número de ocupantes. El grupo de individuos congregados puede consistir en gentes que realizan oración, o masas activas en una reunión política. Es cuestión de criterio el aplicar los factores adecuados que proporcionen una potencia suficiente para las cargas variables de calor latente y transmisiones.

Los principales factores que determinan la carga de refrigeración en verano son:

1. Características de los ocupantes.- En la iglesia puede haber uno o más servicios, horas en que éstos se realizan, servicio continuo, etc. En los teatros y auditorios, sesiones matinales y vespertinas; naturaleza de los deportes o espectáculos públicos; simultaneidad entre los actos celebrados en un auditorio situado en un edificio y el funcionamiento en el resto del edificio.
2. Ventilación.- Posible reducción a los m^3 por hora por persona. Ciertos espectáculos o reuniones donde se fuma mucho exigen mayor ventilación.
3. Estratificación. - Su aplicación a las cargas en las estructuras grandes.
4. Pre-enfriamiento. - Para reducir las dimensiones del equipo acondicionador, especialmente el de refrigeración.
5. Efectos climáticos. - Cuidadoso análisis de las condiciones exteriores que coinciden con las horas punta de ocupación por el personal.
6. Condiciones internas del proyecto 298 °K (25 °C) y 60 % de humedad relativa son condiciones aceptables.

Edificios de oficinas: En los locales de oficina se reúne un número apreciable de personas con una actividad mediana de trabajo, exige consideraciones más precisas en cuanto a temperatura, humedad y distribución del aire. El volumen de local por persona es más reducido, la ganancia de calor sensible y latente por ocupante es relevante frente a las demás cargas, la ganancia de calor por iluminación es también mayor por la naturaleza de la actividad desarrollada y que la infiltración de aire exterior debido al cierre y apertura de puertas exteriores originado por el mayor movimiento de personas debe analizarse por separado.-

Los edificios destinados a oficinas presentan dos zonas básicas a considerar, la zona interior y la periférica. Las zonas interiores están situadas en el centro de un edificio y no sufren la influencia de los elementos exteriores, a excepción del último piso. Las zonas periféricas pueden penetrar de 3 a 6 m en el interior del edificio, a partir del muro exterior. Esta zona está expuesta a la acción del sol, viento, temperatura exterior y efecto de sombra de los edificios adyacentes. Existe, por tanto, una necesidad evidente de establecer dos sistemas de acondicionamiento distintos para hacer frente a las cargas correspondientes a cada una de estas zonas, cuyo comportamiento es distinto.

Una zona interior tiene una carga de iluminación y de ocupantes relativamente constante.

Las zonas exteriores se caracterizan por las variaciones extremas de carga, desde unos máximas de radiación solar a través de cristales, acompañados de grandes transmisiones de calor, iluminación y ocupantes, pasando por la ausencia de cargas durante las estaciones intermedias del año. La zona exterior está sometida también al movimiento de sombras de los elementos estructurales de la fachada, edificios adyacentes y nubes.

Dos características adicionales de las oficinas y edificios de varias plantas son las superficies de ventanas y la arquitectura en general, las cuales influyen en la selección del sistema de acondicionamiento.

Locales de comercio: Estos ambientes se caracterizan por la permanencia constante del personal que realiza una actividad bastante importante y por las continuas entradas y salidas del público que permanece un tiempo relativamente corto en el local acondicionado y por lo tanto está ambientado a la condición exterior, mientras que el personal lo está a la interior, por lo cual resulta bastante difícil conciliar las necesidades de confort de ambos grupos de personas.

En estos locales debe cuidarse especialmente la influencia de la infiltración por puertas y estudiar la forma arquitectónica que permita conciliar la comodidad de tránsito del público con los requerimientos de bienestar cuya obtención se dificulta por la generación de molestas corrientes de aire exterior.

En los negocios donde el tránsito de público es intenso y por lo tanto los accesos están casi siempre abierto, conviene estudiar la instalación de "cortinas de aire" en reemplazo de las puertas. El aire insuflado con estos equipos especiales crea una especie de barrera atmosférica que se opone a la entrada de aire exterior en condiciones exteriores nominales de presión y velocidad del viento.

Hospitales: Estos locales se caracterizan por el gran volumen de aire necesario para cada persona y por la condición especial del estado físico del ocupante enfermo o convaleciente.

En general se siguen las normas siguientes: elevado porcentaje de aire exterior que puede llegar a ser el 100 % del caudal total de aire circulado (por ejemplo en salas de operaciones). Filtrado del aire más acentuado aumentando los paneles en serie. Control del caudal de aire inyectado y de su temperatura para obtener una eficiente distribución del aire con uniformidad de temperatura a todos los niveles. En los ambientes destinados a operaciones, preoperatorio y postoperatorio, como también salas para recién nacidos, se debe extremar las condiciones de pureza del aire y condiciones de temperatura y humedad relativa, para lo cual se debe prever filtros especiales (celulosa, electrostáticos, etc.) equipos de esterilización del aire para reducir la flora microbiana mediante lámparas que emiten radiaciones ultravioletas.

Cada habitación debe tener una extracción de aire capaz de crear una presión negativa y no debe haber intercomunicación entre las distintas zonas (contaminación). Las salas de tratamientos especiales, terapéutica, maternidad, cirugía, depósito de cadáveres y otras zonas de servicio suelen exigir condiciones particulares de temperatura, humedad y ventilación.

Escuelas y establecimientos de enseñanza. En estos edificios hay que distinguir los ambientes en los cuales la permanencia de las personas es muy continuada como ser las aulas y los ambientes en los cuales la presencia del alumno es discontinua, como ser aula magna, gimnasios.

El acondicionamiento de los primeros locales es semejante al indicado para salas de espectáculos, pero teniendo en cuenta que en general el aporte de valor vital es menor, por tratarse de niños y que la relación del volumen disponible y el número de ocupantes es relativamente grande. Los segundos locales se caracterizan por la aportación brusca de calor vital debida a la entrada masiva de un gran número de personas y por lo tanto de la influencia marcada del preambiente.

En una escuela es necesario mantener un ambiente adecuado durante todo el año, exigido por la aglomeración escolar, gran intensidad luminosa y efecto solar en las aulas exteriores con ventanas, así como por la importancia reconocida que tiene el ambiente confortable en relación con la asimilación de las enseñanzas.

La carga debida al aire exterior es muy elevada.

Laboratorios: El acondicionamiento de aire en los laboratorios proporciona uno o más de los servicios siguientes:

1. Control de recuperación de materiales higroscópicos.
2. Influencia de reacciones fisiológicas (confort).
3. Control de reacciones químicas.
4. Control de reacciones biológicas.

Los laboratorios individuales se proyectan para unas condiciones determinadas o para un margen de condiciones de temperatura, humedad y limpieza. Estas funciones deben mantenerse con rigor, y los controles y protectores deben ser con frecuencia muy perfeccionados.

Al proyectar un sistema de acondicionamiento para laboratorios deben considerarse sus condiciones especiales a las que no son aplicables las normas generales que sirven para el proyecto de los sistemas en general. Cada laboratorio tiene su propio problema, que exige tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1. Condiciones ambientales rigurosas.
- 2. Determinada ventilación, con vistas a las necesidades de extracción.
- 3. Separación entre espacio de ocupación general.
- 4. Orientación de aquellos laboratorios que poseen una gran carga fuera de las zonas que tienen mucho efecto solar.
- 5. Grandes variaciones de cargas en cada laboratorio.
- 6. Diversidad en el empleo de los laboratorios.
- 7. Diversidad de cargas en el edificio.
- 8. Funcionamiento del laboratorio durante 24 horas.
- 9. Extracción de aire constante o variable.
- 10. Concentraciones de calor sensible o latente que exijan extracción de aire, enfriamiento local, o ambos.
- 11. Efecto corrosivo de los humos sobre los elementos del sistema de acondicionamiento, ventilación y extracción.
- 12. Peligro de explosiones.

| APLICACIONES | Temperatura | Humedad Relativa | Ruido | Filtrado del aire | Corriente de aire | Velocidad del aire |
|-------------------------|-------------|------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Viviendas | 4,5 | 2,5 | 4 | 4 | 4 | 2,5 |
| Restaurantes | 4,5 | 2,5 | 4 | 4 | 4 | 2,5 |
| Sala de espectaculos | 3,5 | 2 | 3,5 | 2 | 3,5 | 2,5 |
| Tiendas | 4 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 2 |
| Oficinas | 4 | 2 | 3 | 3,5 | 4 | 3,5 |
| Comercios | 4 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 2 |
| Hospitales (habitación) | 4,5 | 3,5 | 4,5 | 4 | 4 | 3,5 |
| Escuelas | 4,5 | 3,5 | 4,5 | 3,5 | 4 | 3,5 |
| Laboratorio | 4 | 4 | 3,5 | 4,5 | 4 | 4 |

Puntuación, de 0 a 5 de importancia, que tiene la regulación de los parámetros indicados, en los distintos tipos de locales.-

| APLICACIONES | SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO RECOMENDADO |
|---|---|
| Viviendas | Acondicionadores de Ventana (1.000 a 6.000 frigorías / hora) Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Acondicionadores separados (1.000 frigorías / hora o más) Fan - Coil sin aire |
| Restaurantes | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Acondicionador multizona Sistema central - Todo aire |
| Sala de espectáculos Teatros | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema mixto VRV (Volumen de Refrigerante Variable) |
| Tiendas | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema mixto VRV (Volumen de Refrigerante Variable) |
| Oficinas zona central Oficinas zona perimetral | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema central - VAV (volumen de aire variable) Sistema mixto VRV (Volumen de Refrigerante Variable) Sistema mixto Agua - Aire (Fan-Coil perimetral) Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire |
| Comercios Centro comercial | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema mixto VRV (Volumen de Refrigerante Variable) |
| Hospitales | Sistema mixto Agua - Aire (Inducción - Fan-Coil) Sistema central - Todo aire Sistema central - VAV (volumen de aire variable) |
| Escuelas | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema central - VAV (volumen de aire variable) Sistema mixto Agua - Aire (Fan-Coil) |
| Laboratorio | Acondicionadores autocontenidos (6.000 frigorías / hora o más) Sistema central - Todo aire Sistema central - VAV (volumen de aire variable) |

CAPITULO VIII

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

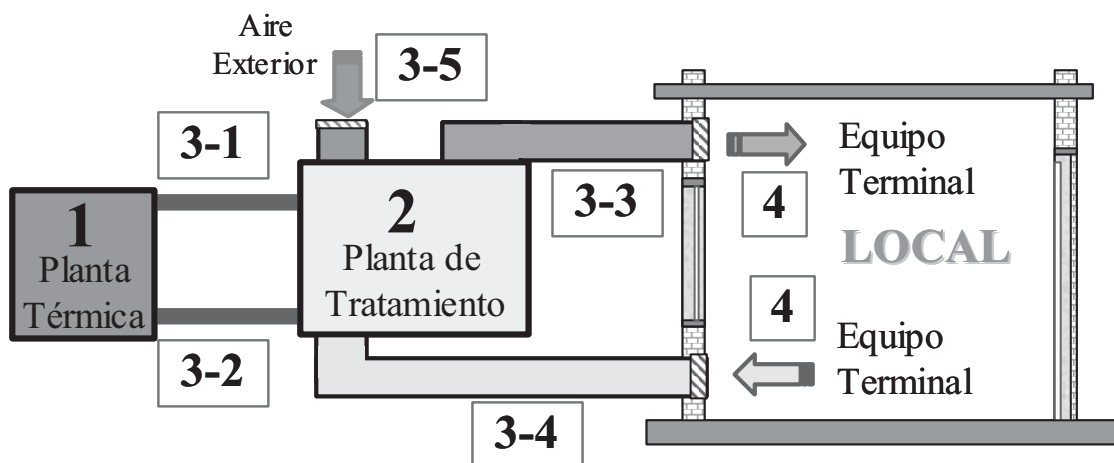
VIII.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior vimos como seleccionar la instalación adecuada de aire acondicionada y su conformación básica. El presente capítulo nos permitirá conocer los componentes de un sistema de aire acondicionado.

VIII.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Recordemos que un sistema de aire acondicionado podemos dividirlo en las siguientes partes:

- 1) PLANTA TÉRMICA
- 2) PLANTA DE TRATAMIENTO
- 3) CANALIZACIONES
 - 3-1) Cañerías de mando
 - 3-2) Cañerías de retorno
 - 3-3) Conductos de mando
 - 3-4) Conductos de retorno
 - 3-5) Conducto de aire exterior
- 4) EQUIPOS TERMINALES



VIII.3 PLANTA TÉRMICA

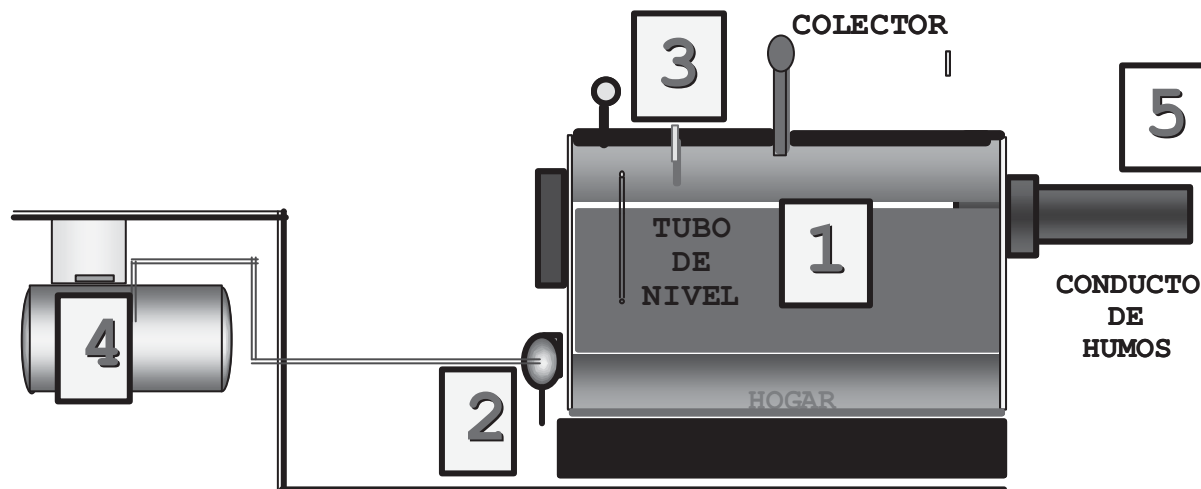
La planta térmica la dividiremos en :

- A- PLANTA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN:** Suministra el fluido calefactor, (agua caliente o vapor a baja presión).-
- B- PLANTA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN:** Suministra el fluido refrigerante, (agua fría o gas refrigerante enfriado).-

A- PLANTA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN: Integrada por los siguientes elementos:

- 1- Caldera
- 2- Quemador
- 3- Controles
- 4- Abastecimiento de Combustible

5- Conducto de Evacuación de los Productos de Combustión



1- Calderas

Las calderas son las encargadas de producir la cantidad de calor que se requiere para satisfacer las condiciones térmicas en la época invernal. Es el componente encargado de producir el fluido calefactor, agua caliente o vapor a baja presión, según la instalación de que se trate. Luego por intermedio de cañerías se conduce el fluido calefactor hacia las unidades terminales (Batería de calefacción, radiadores, fan-coil, etc.), donde se aportan las calorías necesarias.

Clasificación :

1- Calderas para sistemas de calefacción centrales o mixtos: Producen agua caliente o vapor a baja presión, usualmente se utilizan las calderas que producen agua caliente, salvo que se requiera por algún proceso producir vapor, (ejemplo hospitales).-

A) Seccionales - Hierro fundido

B) Tubulares - Acero

B-1) Humotubulares

B-2) Acuotubulares

C) Hogar Presurizado -

Las caldera seccionales y las tubulares que utilizamos en los sistemas centrales o mixtos son las llamadas caldera de tres pasos:

1er paso: Se efectúa la combustión en el hogar y cámara de retorno de gases de combustión.

2do paso: Los humos, productos de combustión, se desplazan hacia la parte posterior de la cámara de combustión, donde invierten su dirección, pasando a la primera haz de tubos.

3er paso: Los gases de la combustión que llegan del paso anterior invierten nuevamente su recorrido, en la cámara de fuego o tapa frontal, pasando por el segundo haz de tubos de humo y llegando, por ultimo, a la caja de humos de la parte posterior, siendo evacuados al exterior por la chimenea.

2- Calderas para sistemas de calefacción Individual - Compactas Integrales: Producen agua caliente.

- a) Tipo Calefón
- b) Tipo Mural – Tipo Cocina
- c) Seccionales compactas - Hierro fundido

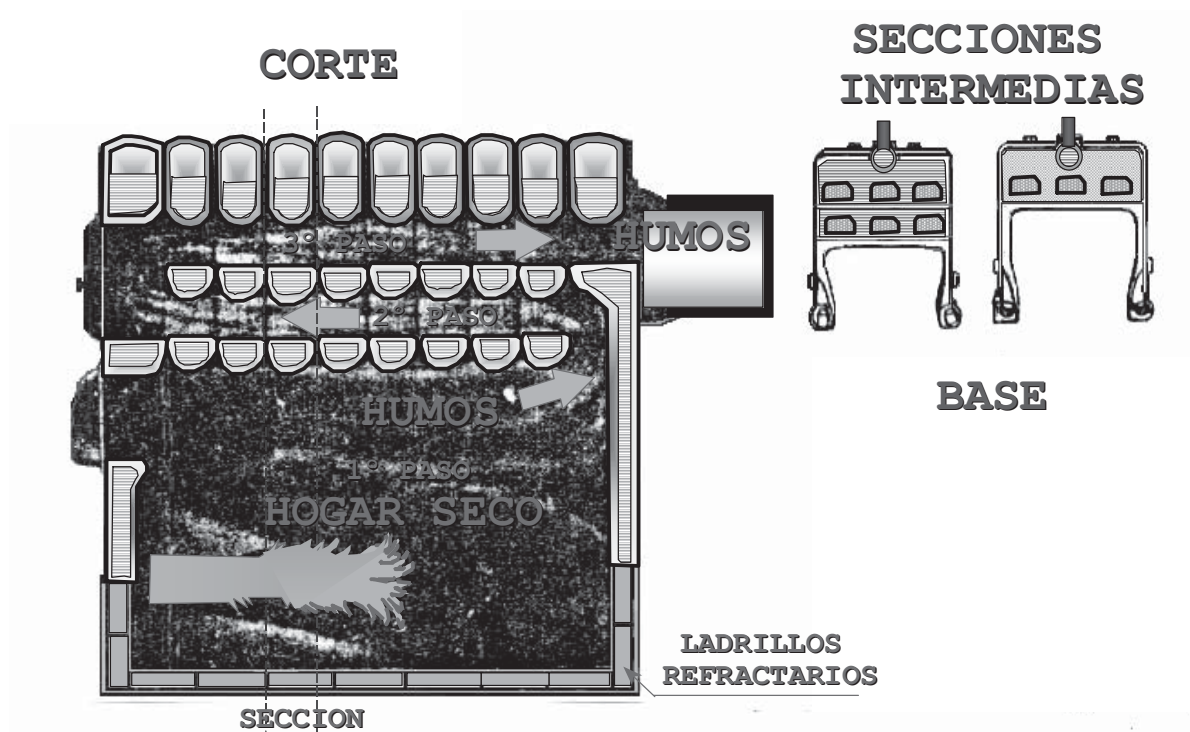
1- Calderas para sistemas de calefacción centrales o mixtos:

A) Calderas Seccionales

Las calderas seccionales se construyen por ensamble de secciones de fundición de hierro lo cual permite construir calderas de cualquier tamaño, dentro del diseño de instalaciones de pequeña y mediana importancia.

Al ser seccionales permiten que sean montadas fácilmente, pudiéndose introducir a la obra desarmadas por los accesos comunes a la sala de máquinas, sin que a posteriori se tengan que hacer trabajos de albañilería.

Por ser moldeadas, los elementos pueden tener la forma mas adecuada para asegurar el mayor contacto entre los gases de combustión y la superficie de calefacción correspondiente.



Caldera seccional

Como desventaja podemos decir que son muy caras, requieren grandes espesores, con lo cual resultan muy pesadas, debido al material con que se construyen, la transmisión del calor es muy baja, con lo cual su rendimiento también es bajo, el hierro fundido no es un material muy dúctil y no está preparado para soportar dilataciones diferenciales excesivas en el caso de que el calor del hogar no sea uniforme.

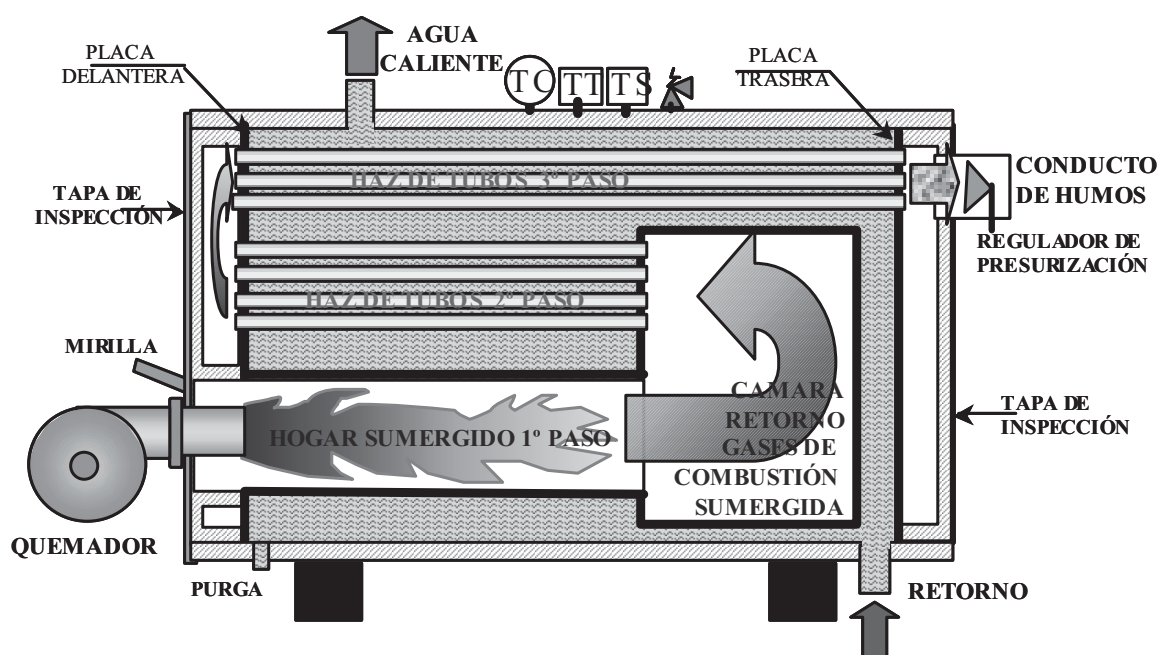
Hoy hay calderas de mayor eficiencia y de tamaño reducido, con lo cual han practicamente caído en desuso.

B) Calderas Tubulares :

Las calderas tubulares están construidas en chapa de acero. Son mas baratas que las calderas seccionales anteriores en instalaciones de relativa importancia. Sin embargo para introducirlas en la obra hay que dejar pasos y abertura importantes, motivado por no poderse desarmar a los efectos de ser ubicadas en su posición definitiva.

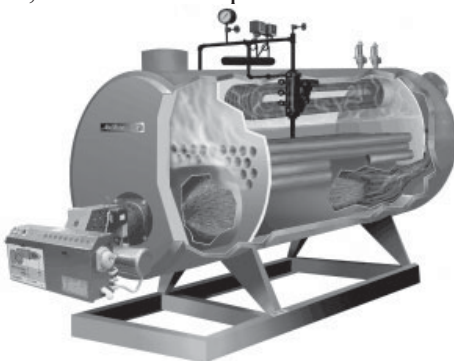
Hay de dos tipos :

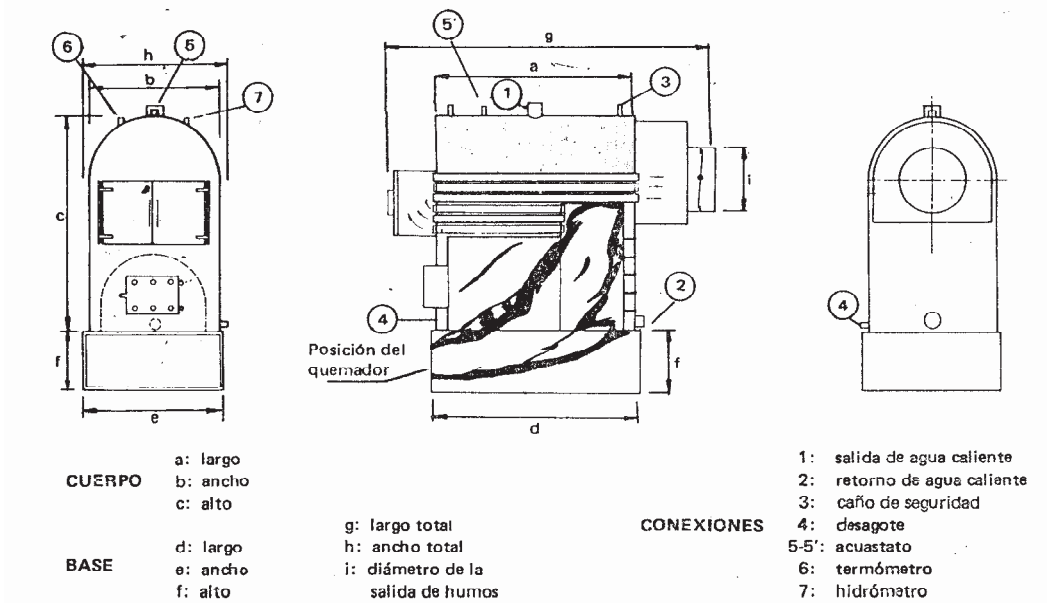
B-1) Humotubulares: En la cual los productos de la combustión pasan por los tubos que a su vez por transmisión calientan el agua que los rodea contenido en el cuerpo de la caldera. En general son las que se usan en instalaciones de calefacción, tanto central como individual. Los tubos pueden limpiarse y repararse facilmente debido a que existe accesibilidad a los mismos, por lo general desde el frente de la caldera. Por dicho motivo la reglamentación prevee que debe al frente de la misma un espacio de aproximadamente el largo de la caldera para permitir el retiro de los tubos.



Caldera humotubular de hogar sumergido

Las calderas humotubulares pueden ser fondo húmedo u hogar sumergido o de fondo seco. Las características de las calderas son similares, se diferencian en la situación en que se encuentra el hogar. Las de fondo húmedo el hogar está sumergido en agua, para evitar el pasaje del calor a la parte inferior y aumentar el rendimiento térmico, se las utiliza cuando la sala de máquinas está en entresijos o en la azotea, a fin de evitar paso del calor hacia los pisos habitados.





Caldera humotubular agua caliente



| Mod. CTHV | Pten. (Kcal/h) x 100 | Aancho (mm) | Largo (mm) | Aaltura (mm) | Aalimen. (pulg.) | Retor. (pulg.) | Valvula de purga. (pulg.) | Chimenea (mm) | Capac. (Litros) | Peso Total (kg) |
|-----------|----------------------|-------------|------------|--------------|------------------|----------------|---------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 50 | 50 | 720 | 1.250 | 1.100 | 1 1/2 | 1 1/2 | 1 | 150 | 165 | 665 |
| 70 | 70 | 720 | 1.350 | 1.100 | 1 1/2 | 1 1/2 | 1 | 150 | 180 | 740 |
| 90 | 90 | 850 | 1.500 | 1.250 | 2 | 2 | 1 | 200 | 200 | 825 |
| 110 | 110 | 870 | 1.500 | 1.250 | 2 | 2 | 1 | 200 | 250 | 910 |
| 130 | 130 | 910 | 1.500 | 1.300 | 2 | 2 | 1 | 250 | 250 | 985 |
| 160 | 160 | 950 | 1.790 | 1.300 | 2 1/2 | 2 1/2 | 1 | 250 | 270 | 1.080 |
| 200 | 200 | 950 | 1.800 | 1.300 | 2 1/2 | 2 1/2 | 1 | 250 | 270 | 1.340 |
| 260 | 260 | 1.000 | 1.850 | 1.400 | 3 | 3 | 1 | 300 | 340 | 1.595 |
| 340 | 340 | 1.100 | 2.050 | 1.500 | 3 | 3 | 1 | 300 | 520 | 1.950 |
| 410 | 410 | 1.200 | 2.200 | 1.600 | 4 | 4 | 1 1/2 | 350 | 540 | 2.190 |
| 500 | 500 | 1.250 | 2.350 | 1.600 | 4 | 4 | 1 1/2 | 350 | 600 | 2.510 |
| 650 | 650 | 1.300 | 2.550 | 1.700 | 4 | 4 | 1 1/2 | 400 | 700 | 2.960 |
| 800 | 800 | 1.300 | 2.700 | 1.700 | 4 | 4 | 1 1/2 | 400 | 920 | 3.670 |
| 1.000 | 1.000 | 1.400 | 3.000 | 1.850 | 5 | 5 | 1 1/2 | 400 | 1.150 | 4.150 |
| 1.250 | 1.250 | 1.470 | 3.000 | 1.850 | 5 | 5 | 1 1/2 | 450 | 1.470 | 4.970 |
| 1.500 | 1.500 | 1.550 | 3.300 | 2.000 | 5 | 5 | 1 1/2 | 450 | 1.600 | 5.750 |

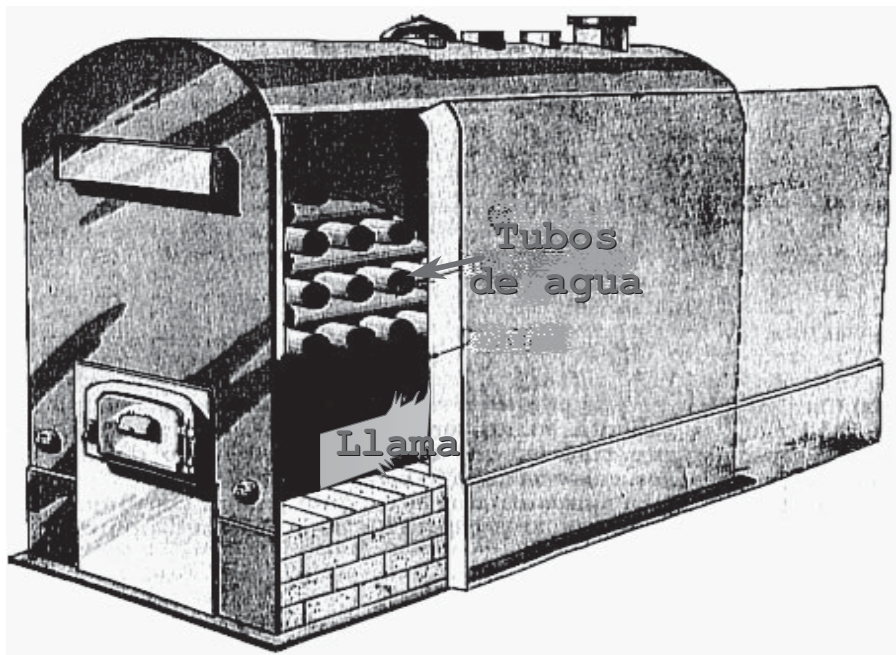
Caldera humotubular vapor a baja presión



| Mod. CTHV | Pten. (Kcal/h) x100 | Aancho (mm) | Largo (mm) | Aaltura (mm) | Aalimen. (pulg.) | Retor. (pulg.) | Valvula de purga. (pulg.) | Chimenea (mm) | Capac. (Litros) | Peso Total (kg) |
|--------------|---------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 75 | 75 | 900 | 1.350 | 1.100 | 1 1/2 | 1 1/4 | 1 | 150 | 230 | 825 |
| 90 | 90 | 900 | 1.500 | 1.250 | 2 | 1 1/2 | 1 | 200 | 240 | 990 |
| 110 | 110 | 1.000 | 1.500 | 1.250 | 2 | 1 1/2 | 1 | 200 | 360 | 1.110 |
| 130 | 130 | 1.000 | 1.500 | 1.300 | 2 | 1 1/2 | 1 | 250 | 390 | 1.230 |
| 160 | 160 | 1.100 | 1.790 | 1.300 | 2 1/2 | 2 | 1 | 250 | 480 | 1.350 |
| 200 | 200 | 1.100 | 1.800 | 1.300 | 2 1/2 | 2 | 1 | 250 | 510 | 1.520 |
| 260 | 260 | 1.100 | 1.850 | 1.400 | 3 | 2 | 1 | 300 | 540 | 1.820 |
| 340 | 340 | 1.300 | 2.050 | 1.500 | 3 | 2 | 1 | 300 | 700 | 2.300 |
| 410 | 410 | 1.300 | 2.200 | 1.600 | 4 | 3 | 1 1/2 | 350 | 960 | 2.550 |
| 500 | 500 | 1.300 | 2.350 | 1.600 | 4 | 3 | 1 1/2 | 350 | 990 | 2.960 |
| 600 | 600 | 1.500 | 2.550 | 1.900 | 4 | 3 | 1 1/2 | 400 | 1.500 | 3.340 |
| 800 | 800 | 1.500 | 2.700 | 1.900 | 4 | 3 | 1 1/2 | 400 | 1.600 | 3.990 |
| 1.000 | 1.000 | 1.600 | 3.000 | 2.000 | 5 | 4 | 1 1/2 | 400 | 2.000 | 5.000 |
| 1.250 | 1.250 | 1.650 | 3.000 | 2.000 | 5 | 4 | 1 1/2 | 450 | 2.100 | 5.750 |
| 1.500 | 1.500 | 1.800 | 3.300 | 2.000 | 5 | 4 | 1 1/2 | 450 | 2.800 | 6.620 |

B-2) Acuotubulares: En la cual el agua a calentar pasa a través de los tubos, los cuales transmiten el calor producido por el hogar.
Los tubos en general no requieren limpieza, dado que el hollín se quema al caer por gravedad.

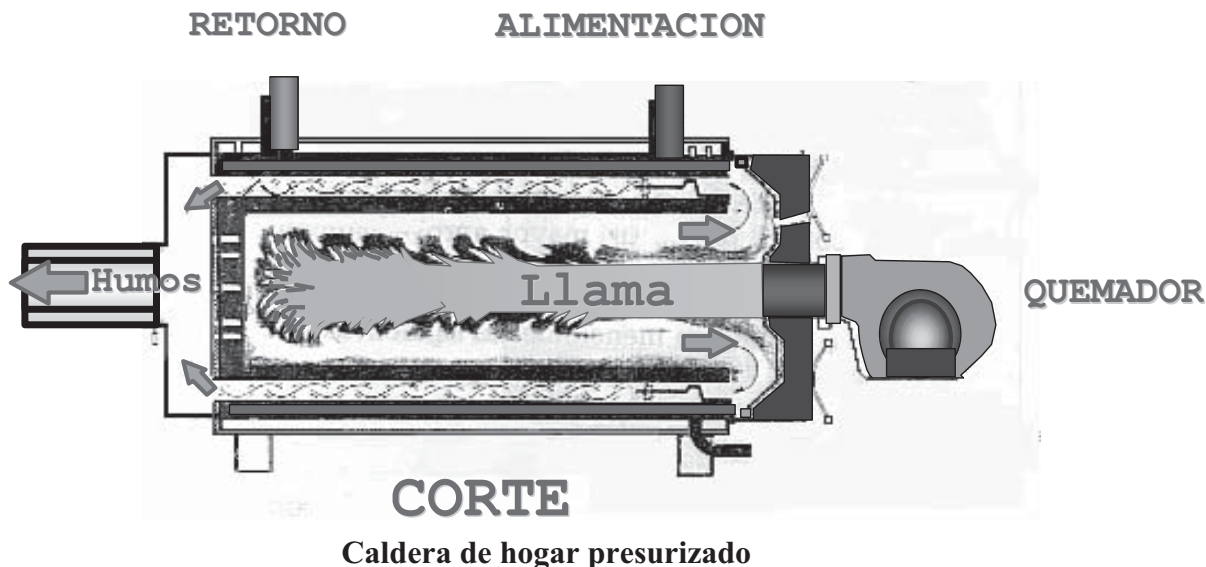
Caldera acuotubular

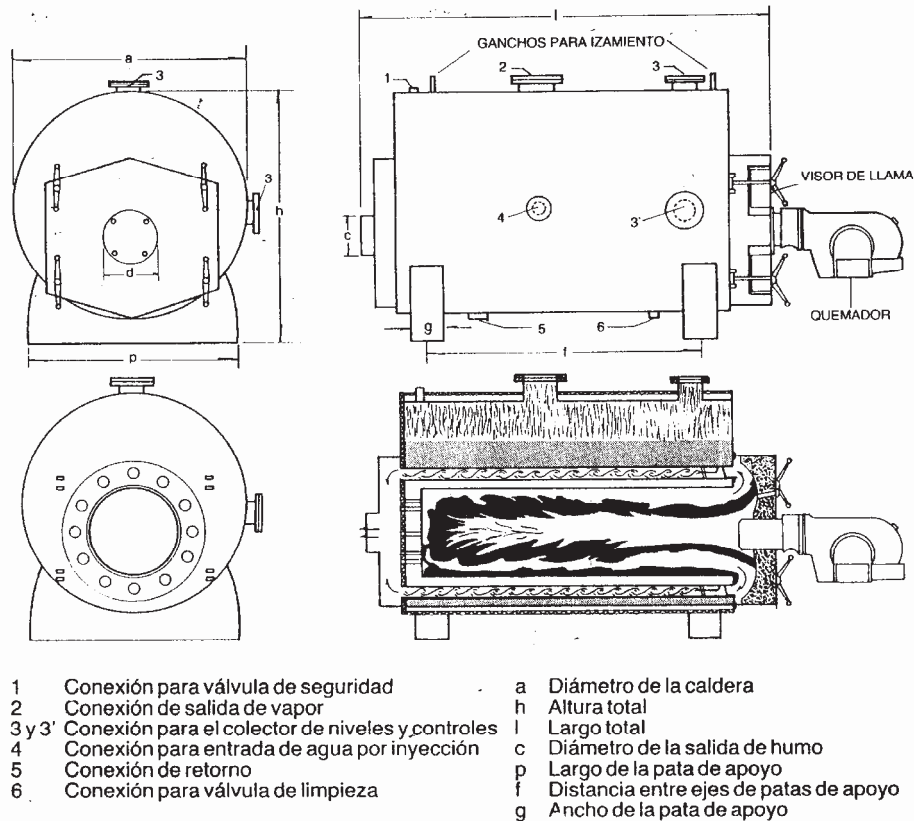


C) Calderas de hogar presurizado

Las calderas de hogar presurizado están construidas en acero. La cámara de combustión es cilíndrica o cónica, lo que origina un flujo de gases de combustión turbulento, que aumenta la transferencia de calor en las paredes del agua que las rodea. Para que el flujo de los gases pueda circular por las células es necesario cierta presión en el hogar, que es provista por el ventilador del quemador. Son totalmente automáticas.

Tienen un excelente rendimiento, son de tamaño mucho menor que las anteriores, pueden desarmarse para su instalación. Existe un modelo que permite eliminar el tanque intermediario. Como desventaja podemos decir que tienen un costo medio respecto a otras alternativas.





Caldera de hogar presurizado

DATOS TECNICOS

| CAPAC. K cal/h x 1000 | MEDIDAS EN MILIMETROS | | | | | | | MEDIDAS EN PULGADAS | | | | | | Volumen de agua (litros) | Peso Aproximado (Kg) | |
|-----------------------------|-----------------------|------|------|-----|------|-----|------|---------------------|---|------|----|----|----|--------------------------------|-------------------------|---------|
| | a | h | l | c | p | g | f | 1 | 2 | 3-3' | 4 | 5 | 6 | | Estand. | Reforz. |
| 90 | 1150 | 1400 | 1730 | 300 | 880 | 280 | 770 | 1¼ | 3 | 3 | ½ | 2 | 1 | 650 | 1040 | 1205 |
| 110 | 1150 | 1400 | 1830 | 300 | 880 | 280 | 870 | 1¼ | 3 | 3 | ½ | 2 | 1 | 720 | 1100 | 1255 |
| 140 | 1150 | 1400 | 1960 | 300 | 880 | 280 | 970 | 1¼ | 3 | 3 | ½ | 2 | 1 | 750 | 1155 | 1300 |
| 175 | 1150 | 1400 | 2110 | 300 | 880 | 280 | 1120 | 1½ | 3 | 3 | ¾ | 2 | 1 | 890 | 1370 | 1600 |
| 200 | 1300 | 1550 | 2150 | 350 | 1030 | 280 | 1120 | 1½ | 4 | 3 | ¾ | 2½ | 1 | 940 | 1400 | 1630 |
| 220 | 1300 | 1550 | 2250 | 350 | 1030 | 280 | 1220 | 1½ | 4 | 3 | ¾ | 2½ | 1¼ | 1120 | 1450 | 1680 |
| 250 | 1300 | 1550 | 2350 | 350 | 1030 | 280 | 1320 | 1½ | 4 | 3 | ¾ | 2½ | 1¼ | 1220 | 1510 | 1740 |
| 270 | 1450 | 1750 | 2150 | 350 | 1180 | 280 | 1120 | 1½ | 4 | 4 | ¾ | 2½ | 1¼ | 1330 | 1600 | 1870 |
| 300 | 1450 | 1750 | 2350 | 350 | 1180 | 280 | 1320 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2½ | 1¼ | 1500 | 1750 | 2015 |
| 400 | 1450 | 1750 | 2550 | 350 | 1180 | 280 | 1520 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2½ | 1½ | 1550 | 1890 | 2180 |
| 500 | 1650 | 1950 | 2570 | 400 | 1380 | 280 | 1520 | 2½ | 4 | 4 | 1 | 2½ | 1½ | 1990 | 2280 | 2635 |
| 600 | 1650 | 1950 | 2770 | 400 | 1380 | 280 | 1720 | 2½ | 5 | 4 | 1¼ | 3 | 1½ | 2090 | 2420 | 2795 |
| 700 | 1650 | 1950 | 2970 | 400 | 1380 | 280 | 1920 | 2½ | 5 | 4 | 1¼ | 3 | 1½ | 2380 | 2590 | 2995 |
| 800 | 1850 | 2150 | 2910 | 450 | 1580 | 400 | 1700 | 3 | 5 | 4 | 1¼ | 3 | 1½ | 2950 | 2900 | 3370 |
| 900 | 1850 | 2150 | 3110 | 450 | 1580 | 400 | 1900 | 3 | 6 | 6 | 1¼ | 4 | 1½ | 3200 | 3070 | 3555 |
| 1000 | 1850 | 2150 | 3410 | 450 | 1580 | 400 | 2200 | 3 | 6 | 6 | 1¼ | 4 | 2 | 3490 | 3380 | 3965 |
| 1250 | 2000 | 2300 | 3550 | 500 | 1730 | 400 | 2300 | 3 | 6 | 6 | 1¼ | 4 | 2 | 4100 | 4000 | 4610 |
| 1500 | 2000 | 2300 | 3750 | 500 | 1730 | 400 | 2500 | 2 x 3 | 8 | 6 | 1½ | 6 | 2 | 4350 | 4360 | 4990 |
| 1750 | 2150 | 2450 | 3790 | 600 | 1880 | 400 | 2500 | 2 x 3 | 8 | 6 | 1½ | 6 | 2 | 5100 | 4880 | 5550 |
| 2000 | 2300 | 2600 | 4090 | 600 | 2030 | 400 | 2700 | 2 x 3 | 8 | 6 | 1½ | 6 | 2 | 6290 | 5670 | 6425 |
| 2500 | 2450 | 2750 | 4310 | 600 | 2180 | 400 | 3000 | 2 x 4 | 8 | 6 | 1½ | 6 | 2 | 7320 | 6790 | 7755 |
| 3000 | 2450 | 2750 | 4610 | 600 | 2180 | 400 | 3300 | 2 x 4 | 8 | 6 | 1½ | 6 | 2 | 7900 | 6950 | 8750 |

2) Calderas para sistema individual - compactas integrales

Las calderas compactas integrales son utilizadas para satisfacer las necesidades de calefacción individual para distintas unidades locativas.

Estas calderas tienen incorporado el quemador, construidas ya con aislación térmica y controles. En general se utiliza gas natural como combustible.

a) Calderas tipo calefón

Son calderas acuotubulares, su construcción es similar a la de un calefón. Son de puesta en régimen en forma inmediata.
El agua se calienta en un serpentín de cobre arrollado a una chapa de hierro tratada para soportar altas temperaturas, debido a que es sometida al fuego directo del quemador.

CAPACIDADES CALDERA CALEFÓN

| | | | |
|------------------------|-------------|--------|--------|
| Capacidad en W | | 17.400 | 11.600 |
| Capacidad en Kcal/hora | | 15.000 | 10.000 |
| Medidas [cm] | Alto | 95 | 80 |
| | Ancho | 46 | 42 |
| | Profundidad | 23 | 23 |

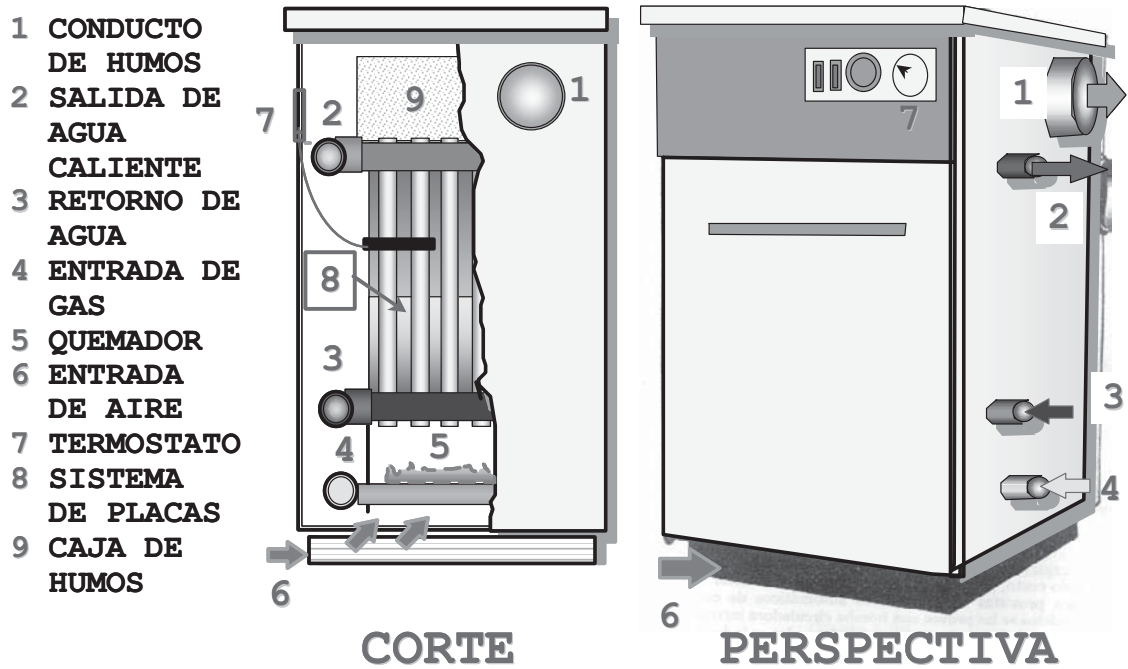


b) Calderas tipo cocina

Se las denomina así porque por lo general se las ubica bajo la mesada de la cocina. Son del tipo humotubular, tienen mejor rendimiento que las tipo calefón.
Cabe aclarar que la reglamentación de Metrogas de la Argentina establece que cuando se instale este tipo de calderas en la cocina, el volumen del local será como mínimo:

| | |
|---------------|-------------------|
| 15.000 kcal/h | 15 m ³ |
| 20.000 kcal/h | 20 m ³ |
| 30.000 kcal/h | 30 m ³ |

Debiendo el local tener ventilación permanente.



CALDERA CALEFACCIÓN A GAS Ó A GAS-OIL

| MODELO | Capacidad | | Ancho mm | Conducto de humos mm | Peso kg | Conexiones Salida/ Retorno | Consumo de Gas m3/hora | Consumo de Gas- Oil l/hora |
|--------|-----------|-----------|-------------|----------------------------|------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | W | Kcal/hora | | | | | | |
| 15 | 17400 | 15.000 | 350 | 100 | 110 | 3/4" | 1,35 | 2,2 |
| 20 | 23200 | 20.000 | 400 | 120 | 120 | 3/4" | 1,89 | 2,9 |
| 30 | 34800 | 30.000 | 500 | 155 | 155 | 3/4" | 2,7 | 4,03 |
| 40 | 46400 | 40.000 | 660 | 162 | 165 | 3/4" | 3,78 | 5,8 |
| 50 | 58000 | 50.000 | 810 | 190 | 195 | 1" | 4,59 | |

Altura sin mesada: 850 mm - Profundidad sin mesada: 500 mm

Rendimientos

| | |
|----------------------|------------|
| SECCIONALES | 65% |
| HUMOTUBULARES | 70% al 75% |
| ACUATUBULARES | 85% |
| HOGAR PRESURIZADO | 90% |
| COMPACTAS INTEGRALES | 75% al 90% |

Existen según el fabricante, mejoras en el diseño que tienden a aumentar el rendimiento tanto para el sistema central, mixto o individual.

Por ejemplo:

-Calderas compactas de alto rendimiento: similares a las compactas tipo cocina pero de mayor altura y de planta circular, similar en aspecto a un termotanque.

-Caldera acuotubular de tubos curvados

Se puede combinar el servicio de calefacción con el de suministro en forma independiente del agua caliente sanitaria por acumulación. Además existen calderas policombustibles, gas natural, propano, gas-oil y carbon o leña, las cuales pueden utilizar el combustible existente a menor precio.

❑ **Aislaciones de calderas, tanque intermediarios, cañerías de calefacción en sala de maquinas:**

Las aislaciones térmicas de estos elementos puede realizarse:

Aislantes para tuberías

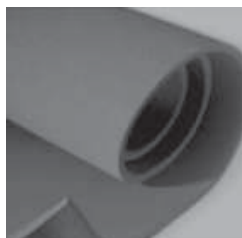
- Aislamiento térmico a base de elastómero sintético celular. Su procedimiento de fabricación le confiere una excelente resistencia al desgarramiento y una buena flexibilidad.



- Cañas Fibra vidrio es un componente modelado de una sola pieza de gran densidad, elaborado de fibras de vidrio inorgánicas ligadas por una resina termoendurecible. Utilizado en servicios domésticos de alta y baja temperatura, calentamiento de agua a altas temperaturas, agua fría, vapor y condensado.



- Placas y rollos aislantes son aislantes térmicos elastoméricos y flexibles. Poseen una estructura de célula cerrada expandida que convierte al producto en un aislante eficiente. Este producto se adapta particularmente bien al aislamiento de tuberías y bridas grandes, a tanques y recipientes, sus accesorios y ductos. Su flexibilidad permite aplicarlo sobre superficies curvas e irregulares.



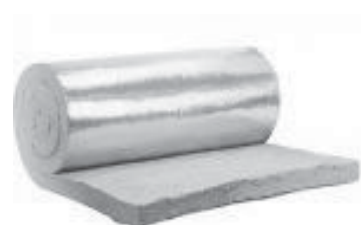
- La cubierta tipo tubo o media caña para tubería es de un material termoaislante de fibras minerales o de fibra de vidrio, resiste a altas temperaturas con una resina especial como aglutinante. Soporta desde -49°C hasta 650°C .

Aislantes para Calderas e Intercambiadores

- Manta armada aislante de Lana Mineral de roca, revestida por una malla de acero galvanizado cosida con hilo de acero galvanizado o en acero inoxidable. Luego debe ser protegida con un revestimiento metálico, chapa de aluminio o de acero.



- La Manta Filtro Aluminio de Lana Mineral de roca, es un aislante térmico-acústico, incombustible, resistente a altas temperaturas, repelente al agua, resistente al envejecimiento y la descomposición y químicamente inertes.



Métodos menos utilizados por el requerimiento de mano de obra especializada y por ser métodos menos limpios que los anteriores.

- Magnesia plástica al 85 %, aplicada en varias capas sucesivas y vendadas con liencillo blanco, la magnesia es aplicada con alambre tejido y fijada mediante grapas de hierro soldadas.

Debe tenerse en cuenta que para que no se fisure la aislación, y por ende pierda eficacia, el elemento a aislar debe estar a temperatura de régimen.

Como terminación puede utilizarse una capa dura del mismo material o chapa de aluminio, o galvanizada con mejor presentación y protección.

- Puede emplearse también, lana mineral, o chapas rígidas de magnesia plástica.

Para la aplicación de la aislación se sueldan planchuelas de 3 mm en forma vertical y horizontal a la caldera, a la cual se le fija la lana mineral y una malla de tejido galvanizado de tipo gallinero, o directamente un panel compuesto, por lana de vidrio con el tejido incorporado.

La malla se la protege con una chapa de aluminio o galvanizada.

2. Quemadores

El quemador es el dispositivo destinado a producir la mezcla íntima del combustible y el comburente (oxígeno del aire) lo cual es condición indispensable para la realización del proceso de la combustión.

Podemos clasificar a los quemadores por el tipo de combustible que utilizan:

- Líquidos pesados (dificultad en el encendido) - Prohibidos
- Líquidos livianos como es el gasoil, que se utiliza en caso de inexistencia de gas.
- Gas natural, el más aconsejable
- Gas envasado

Además a los que utilizan combustible líquido se los puede clasificar según su funcionamiento en :

- Manual
- Semiautomático
- Automático

Quemador manual: El control está constituido por una tobera de inyección de combustible, una bomba y un ventilador. La ignición, regulación y detención del quemador se hace manualmente. Son muy inseguros por lo que su uso está prohibido.

Quemador semiautomático: La ignición y detención del quemador es manual. La regulación del abastecimiento del combustible es automática.

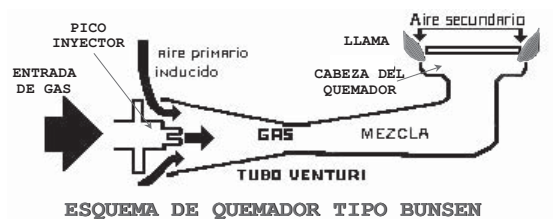
Quemador automático: La puesta en marcha, regulación de alimentación de combustible y detención son automáticos.

□ Quemador automático de gas

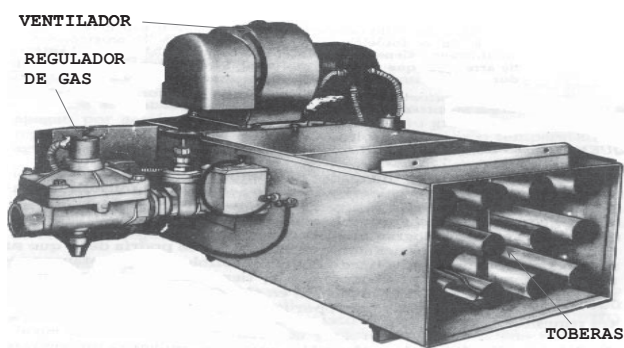
El proceso de combustión del gas se inicia mezclando íntimamente gas inyectado y aire primario aspirado, como primer paso, y posteriormente suministrando aire secundario en la zona de ignición para lograr la combustión completa.

El encendido rápido de la mezcla se realiza por intermedio de una pequeña llama encendida constantemente denominada llama piloto.

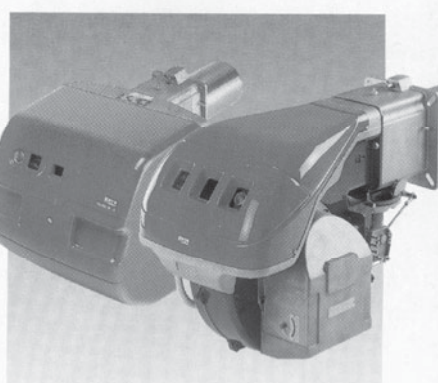
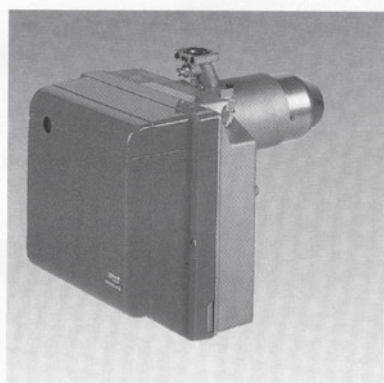
Estos quemadores además cuentan con controles de seguridad, como son los que actúan sobre



la combustión, cortan el suministro de gas cuando la llama se apaga, sobre el barrido del aire contenido en el hogar, no permiten el encendido del piloto antes de asegurar que no hay gas acumulado en el hogar, sobre la presión del gas, estabilizan la presión de entrada del gas al quemador.



Quegador automático a gas tipo multitobera



Quegador automático de gas natural o propano

❑ **Quegador automático para combustible liviano - (Gasoil, o Diesel-Oil)**

El quemador de combustible líquido debe cumplir con las siguientes premisas:

- Pulverización fina del combustible
- Inyección del combustible pulverizado - inyección de aire
- Regulación de la llama
- Adaptación de combustibles de distinta viscosidad

Básicamente un quemador de este tipo está compuesto por un motor eléctrico, ventilador, bomba de engranaje para succión y compresión del combustible, pico atomizador, válvula reguladora de presión, filtro, transformador de encendido y electrodo de ignición.

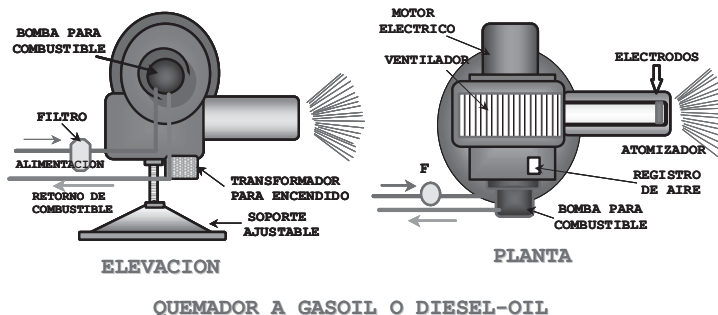
El motor del quemador acciona la bomba del combustible y el ventilador. Los cuales proveen el combustible debidamente pulverizado y el aire necesario para la combustión en el extremo de salida o atomizador.

La combustión se inicia por intermedio de una chispa eléctrica, producida por los electrodos conectados al transformador.

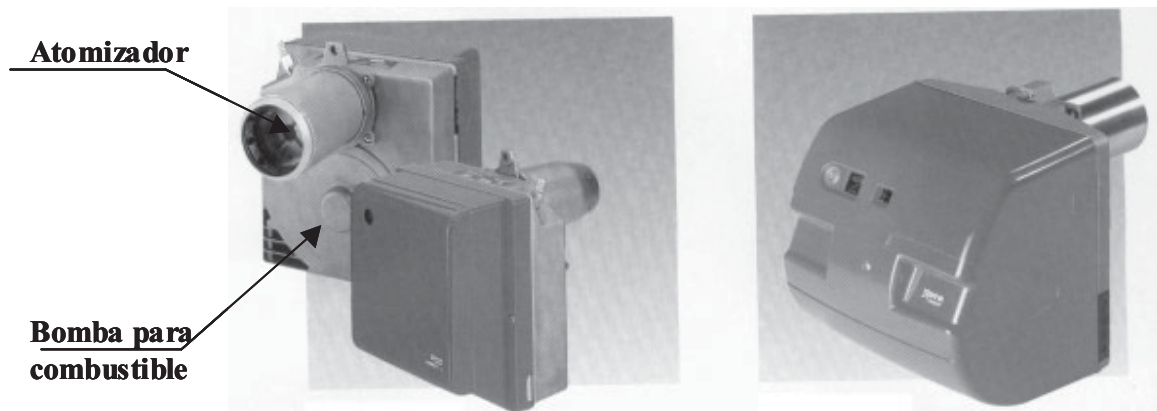
Producida la combustión, los gases calientes alcanzan el control de combustión que se instala a la salida de la caldera, que consiste en un espiral bimetalico.

Si por alguna causa no se enciende el quemador, durante la ignición, el control de combustión acciona una alarma que desconecta el motor.

El funcionamiento del quemador es comandado por un control de temperatura o presión según la caldera sea de agua caliente o vapor.



Cabe aclarar que también existen quemadores llamados duales, los cuales funcionan normalmente a gas, pero en caso de ser necesario pueden funcionar con combustible liquido.



Quemador a Gas - Oil

3. Controles

3.1 Calderas de agua caliente

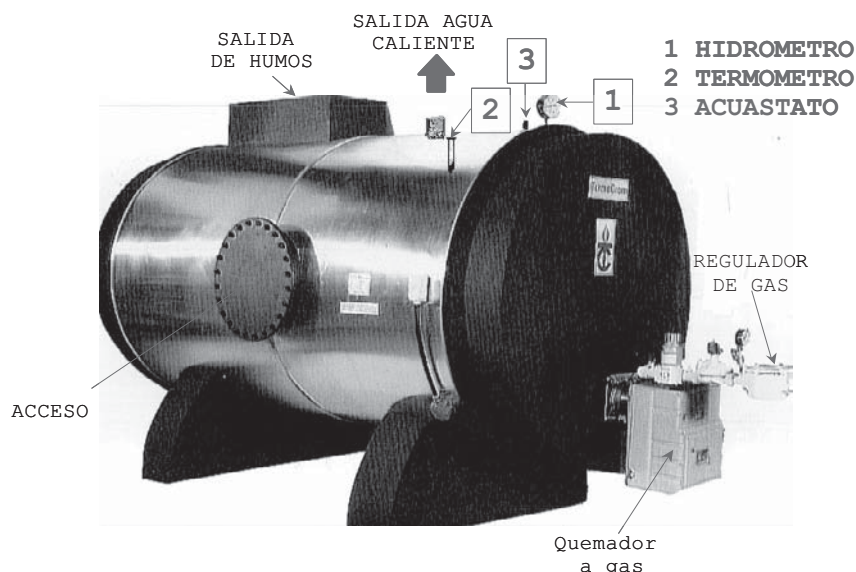
Los controles mínimos que debe tener una caldera de agua caliente son:

1) Termómetros, de lectura visual, y Termostatos, automáticos: Son aparatos que sirven para controlar la temperatura en general se utiliza en calefacción el tipo reloj. Colocado en la cañería de salida del agua caliente, permite conocer la temperatura del agua de mando.

Los termostatos son aparatos diseñados para actuar cuando se alcanzan valores límites de temperaturas, accionando, generalmente por medio de válvulas solenoides, sobre elementos de comandos que estabilizan las condiciones de trabajo. Lo cual permite que la temperatura del agua no pase de determinado límite.

Los termostatos colocados en los locales a calefaccionar, permiten mantener las temperaturas de diseño interiores.

2) Hidrómetro, de lectura visual, y acuostato, automático: Se debe conocer el nivel que alcanza el agua, en el tanque de expansión, ello se determina con un indicador de nivel. El acuostato me permite actuar sobre los comandos, en caso de que el nivel del agua se aparte de los límites de funcionamiento normal.



Caldera humotubular de agua caliente

3.2 Calderas de vapor a baja presión

Los controles mínimos que las calderas de vapor deben tener son:

1) Hidrómetro, de lectura visual: Son tubos de vidrio, e indican directamente el nivel de agua de la caldera.

Los controles automáticos de nivel, acuostato, tienen gran importancia en las calderas de vapor, pues sabemos que dentro de las mismas, el agua debe alcanzar una determinada altura para que su funcionamiento sea correcto.

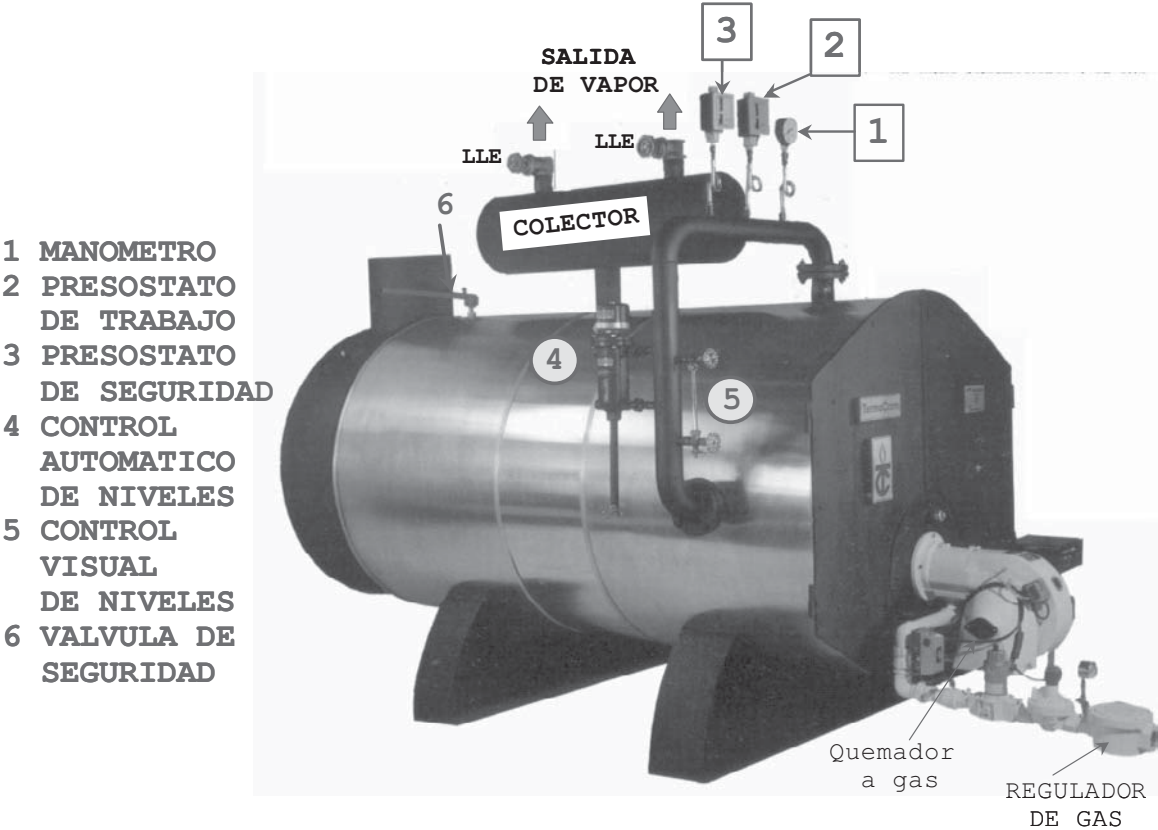
2) Manómetro de resorte, de lectura visual y Presóstatos, automático: Los manómetros señalan la presión del vapor contenida en la caldera.

Los presóstatos son controles de presión que tienen la finalidad de interrumpir el circuito de funcionamiento del quemador, cuando se ha sobrepasado la presión límite.

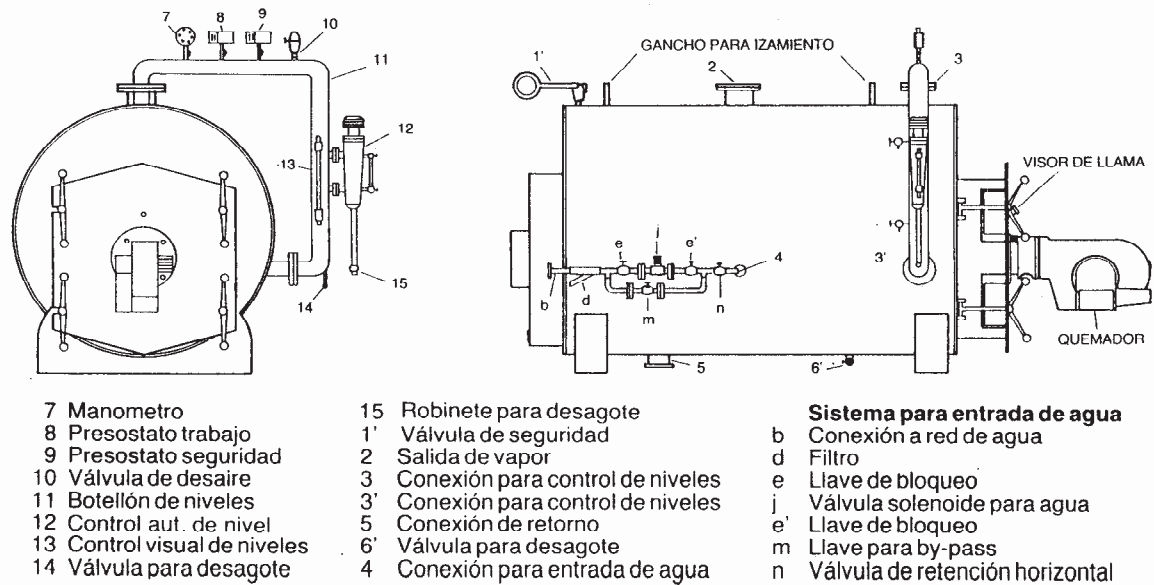
3) Silbatos de alarma: Se emplean para indicar por un medio audible el exceso de presión.

4) Válvula de seguridad: Actúa en caso de sobrepresiones.

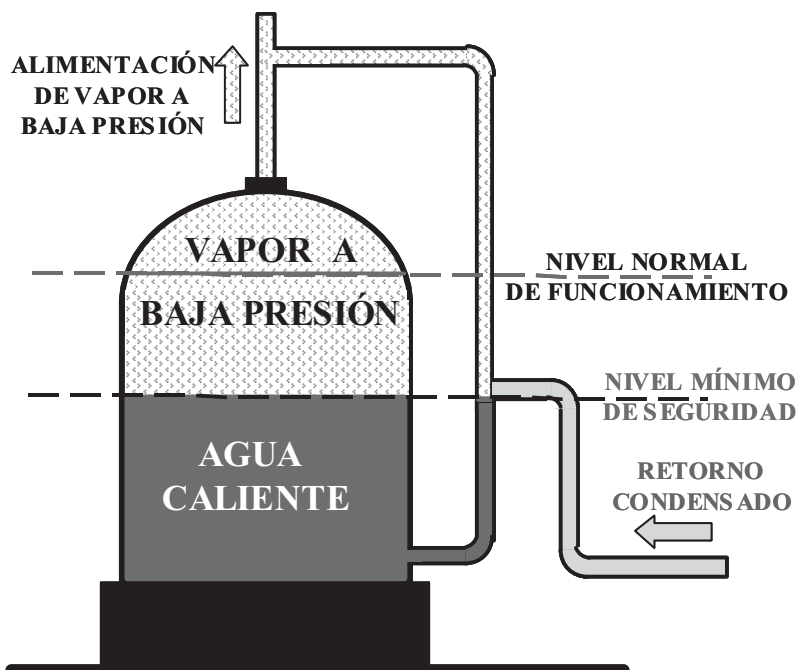
Cabe destacar que además de los componentes mencionados existen otros adicionales como ser: Válvula de desaire, grifos de purga e hidrómetros.



Caldera humotubular de vapor a baja presión



❑ **Conexión HARTFORD:** Es un elemento de seguridad que se construye en la conexión del retorno con la caldera de vapor. Evita que la caldera pueda quedarse sin agua por cualquier sobrepresión o por rotura de la cañería de retorno y que la haga desagotar por la cañería de retorno. Para realizar la conexión, se une la cañería de retorno y la de alimentación, permitiendo de esa forma que se igualen las presiones del sistema, por lo que se impide el vaciamiento de la caldera por la cañería de retorno.



4. Abastecimiento de combustible

□ **Combustible líquido:** Los depósitos de combustible líquidos se construyen de dos tipos, metálicos o de hormigón armado. Estos últimos están prohibidos porque son susceptibles de producir contaminación de suelos por pérdidas de combustibles.

Los tanques metálicos son prefabricados, a diferencia de los de hormigón que son construidos in-situ y sus dimensiones se adecuan al espacio disponible, según la necesidad de abastecimiento de combustible.

El aspecto principal que debe cuidarse al construir los tanques es su estanqueidad especialmente los de hormigón.

El Código de la Edificación de la Ciudad de Buenos Aires exige que los tanques sean enterrados bajo tierra con una tapada mínima de 1 metro, admitiéndose a otro nivel siempre que se proteja con una aislación equivalente. Tampoco puede distar menos de 1 metro de muros divisorios o muros de carga. Además exige que deberá existir en caso de emergencia una válvula de fácil acceso a la cañería de consumo.

La entrega de combustible se hace por camiones tanques los cuales descargan conectando una manguera a una boca de carga situada en la vereda junto al cordón. Del tanque sale la cañería de alimentación al quemador y desde este la de retorno al tanque para recuperar el sobrante de combustible.

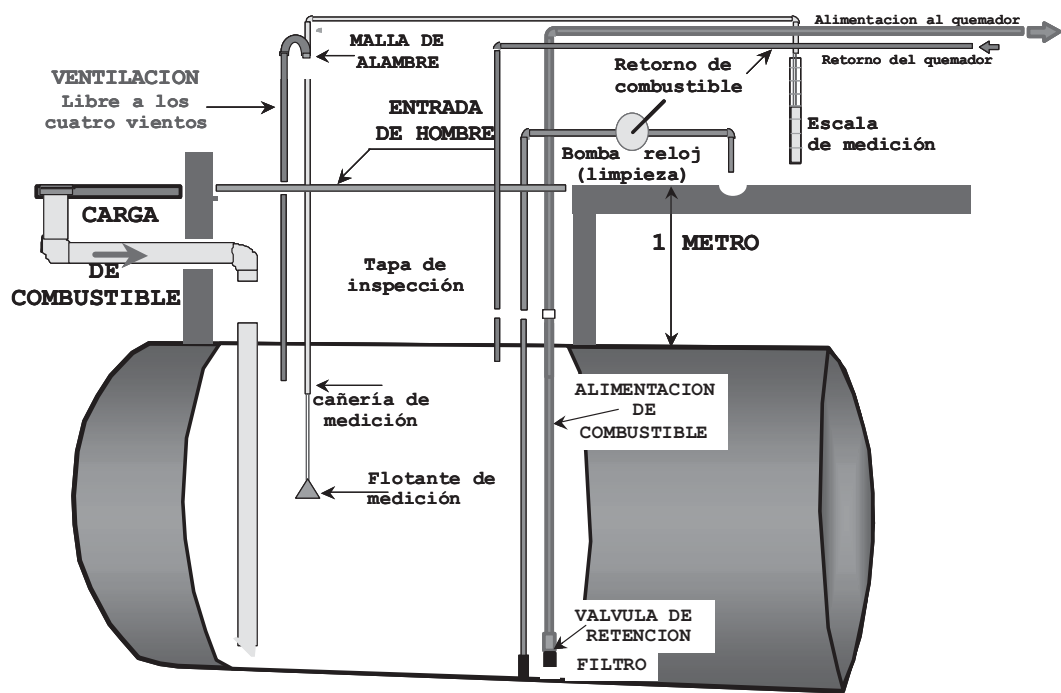
El tanque debe contar con una entrada de hombre, para su verificación y limpieza.

Medidas estándar de tanques de chapa de acero para combustibles líquidos

| Capacidad litros | Diámetro m | Largo m | Espesor chapa Nº y pulgadas mm | |
|---------------------|---------------|------------|--------------------------------------|------|
| 500 | 0,75 | 1,20 | Nº 14 | 2,10 |
| 1.000 | 0,80 | 2,00 | 1/8" | 3,17 |
| 1.500 | 0,90 | 2,40 | 3/16" | 4,76 |
| 2.000 | 0,92 | 3,00 | 3/16" | 4,76 |
| 2.500 | 1,05 | 3,00 | 3/16" | 4,76 |
| 3.000 | 1,13 | 3,00 | 1/4" | 6,35 |
| 4.000 | 1,31 | 3,00 | 1/4" | 6,35 |
| 5.000 | 1,46 | 3,00 | 1/4" | 6,35 |
| 6.000 | 1,46 | 3,60 | 1/4" | 6,35 |
| 7.000 | 1,52 | 4,50 | 1/4" | 6,35 |
| 8.000 | 1,58 | 4,50 | 1/4" | 6,35 |
| 9.000 | 1,60 | 4,50 | 1/4" | 6,35 |
| 10.000 | 1,70 | 4,50 | 1/4" | 6,35 |
| 12.000 | 1,84 | 4,50 | 3/8" | 8,00 |
| 15.000 | 2,07 | 4,50 | 3/8" | 8,00 |
| 18.000 | 2,30 | 4,50 | 3/8" | 8,00 |
| 20.000 | 2,37 | 4,50 | 3/8" | 8,00 |
| 25.000 | 2,51 | 4,50 | 3/8" | 8,00 |
| 30.000 | 2,66 | 6,00 | 3/8" | 8,00 |
| 40.000 | 2,90 | 6,12 | 3/8" | 8,00 |
| 60.000 | 2,90 | 7,50 | 3/8" | 8,00 |

Al tanque, previa limpieza exterior se le aplica:

- 1) Dos capas de fondo epoxi al cromato de zinc.
- 2) Dos capas de recubrimiento epoxi a base de resinas
- 3) Capas de bitumen hasta lograr mínimo un espesor de 2,5 mm



❑ **Combustible gas natural y envasado**

Tanto para proyectar la instalación de alimentación de gas natural o envasado, como para su dimensionamiento debe procederse de acuerdo a lo indicado por las normas del ente prestatario del servicio.

5. Conducto de evacuación de los productos de combustión para calefacción

Para que el quemador queme correctamente el combustible es necesario proveer el aire necesario, aire primario más aire secundario, y evacuar los gases que genera la combustión, para ello es necesario originar una corriente de aire constante. El aire y los productos de combustión circulan por la acción aspirante, “Tiro de la chimenea”, engendrada por el conducto de evacuación de humos, chimenea.

Los gases calientes generados en la combustión tienden a elevarse por diferencia de temperatura, ocupan el conducto de evacuación los productos de combustión, lo cual provoca la aspiración de aire nuevo necesario para la combustión y la eliminación de los productos de combustión, debe ser lo suficientemente intenso como para mover la cantidad de aire requerido para la combustión y los gases quemados, venciendo todas las resistencias que se oponen a su paso.

En plaza existen, conductos prefabricados que cumplen con las condiciones requeridas para un correcto tiraje.

El código de la edificación de la Ciudad de Buenos Aires clasifica a las chimeneas en tres tipos.

1) Chimeneas de baja temperatura: son las que conducen gases hasta 330 °C. Deberán tener sus paredes interiores un espesor mínimo de 10 cm y ser revestidas interiormente con mezcla refractario.

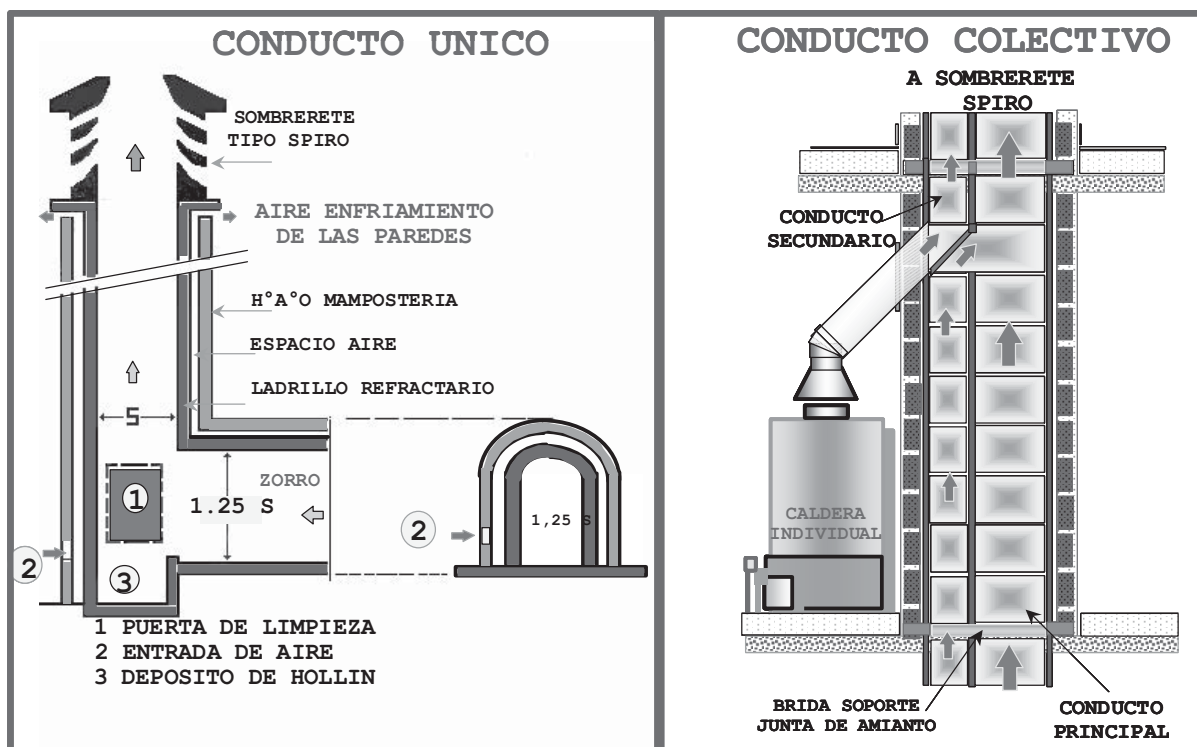
2) Chimeneas de media temperatura: son las que conducen gases a temperaturas entre 330 °C y 660 °C. Sus paredes serán de un espesor de 10 cm, revestidas interiormente con una hilada de ladrillos refractarios de 10 cm. de espesor mínimo hasta 15 metros de altura por sobre la entrada y forrada en toda su altura con mezcla refractaria.

3) Chimeneas de alta temperatura: son las que conducen gases quemados a más de 660°C . Serán construidas con paredes dobles cada una de espesor mínimo de 15 cm. con un espacio entre ellas de 5 cm. La pared interior será de ladrillos refractarios colocados con mezcla para altas temperaturas. El cañón de la chimenea será forrado, en toda su altura, con mezcla refractaria.

❑ **Altura de las chimeneas:**

- a) El remate debe quedar, por lo menos a dos (2) metros sobre azotea transitable.
- b) Sobre azotea intransitable, o techo inclinado, hasta un 25% esa altura puede reducirse a 60 cm.
- c) Rematar a no menos de 0,60 m sobre faldas y no menos de 0,20 m más alto que cualquier cumbrera distante menos de tres (3) metros de la boca en todo techo inclinado más del 25%.

Toda chimenea ubicada a menos de cuatro (4) metros de una abertura, tendrá su boca a un nivel superior a una altura h , siendo $h = 4,6 \text{ m} - a$, siendo “a” la distancia horizontal de la boca al paramento de la abertura



□ Ubicación de las chimeneas:

Una chimenea no podrá rematar a menos de dos (2) metros del eje separativo de predios, cuando el muro divisorio esté construido a mayor altura que la del techo correspondiente a la chimenea afectada.

En caso de encontrarse a menos de dos (2) metros del eje divisorio, la boca de salida deberá elevarse a un metro cincuenta centímetros (1,50) sobre el coronamiento del muro separativo menos la distancia entre la boca y el eje divisorio.

Cuando un muro divisorio, situado a no más de dos (2) metros de una chimenea existente sea sobrelevado, el propietario de la obra nueva deberá prolongar esa chimenea hasta ponerla en condiciones reglamentarias.

La altura de las chimeneas clasificadas como de media y alta temperatura estará, por encima del punto más elevado del techo situado dentro de un radio de quince (15) metros.

B- PLANTA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN

En aire acondicionado la refrigeración es el proceso que permite extraer calor del aire a inyectar al local, expansión directa, o del agua, expansión indirecta, para enfriarlo.

El fluido que permite producir el enfriamiento se denomina fluido frigorígeno o refrigerante.

Para producir la refrigeración se aplican las propiedades de cambios de estado físico de las sustancias, como son la vaporización y la condensación.



Vaporización es el pasaje de un cuerpo del estado líquido al gaseoso, se agrega calor. Puede producirse por evaporación o ebullición.

- Evaporación: es la formación de vapor sobre la superficie libre de un líquido.
- Ebullición: Es la vaporización rápida de un líquido con la formación de burbujas de vapor en el seno de un líquido.

Condensación es el pasaje del estado gaseoso al estado líquido. Se obtiene de dos maneras:

- Por compresión hasta la presión correspondiente a la tensión del vapor saturante del fluido a la temperatura considerada.
- Por enfriamiento hasta la temperatura correspondiente a la tensión del vapor saturante del fluido en cuestión.

El método utilizado para la producción de frío en aire acondicionado es de Evaporación de un líquido puro o de una mezcla de líquidos puros. El cual da lugar a dos tipos de máquinas a utilizar en aire acondicionado. La máquina que utiliza la refrigeración mecánica o la máquina que utiliza la refrigeración por absorción.

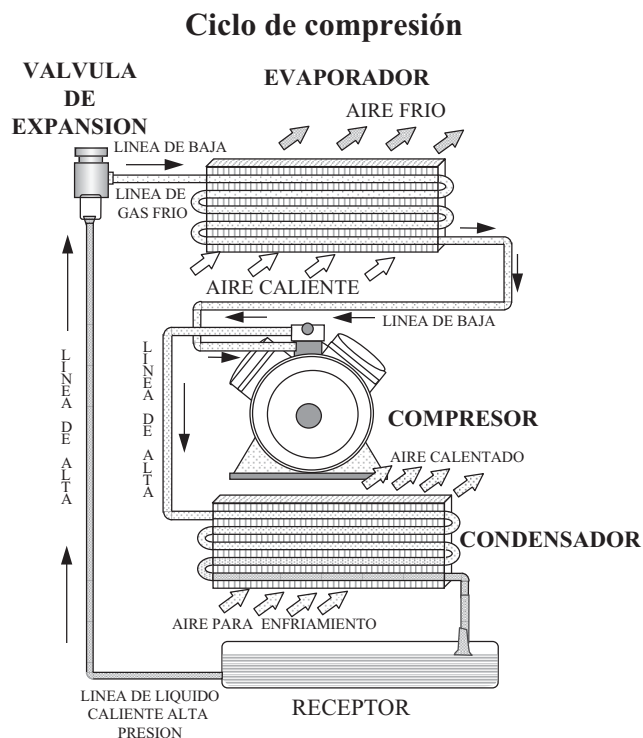
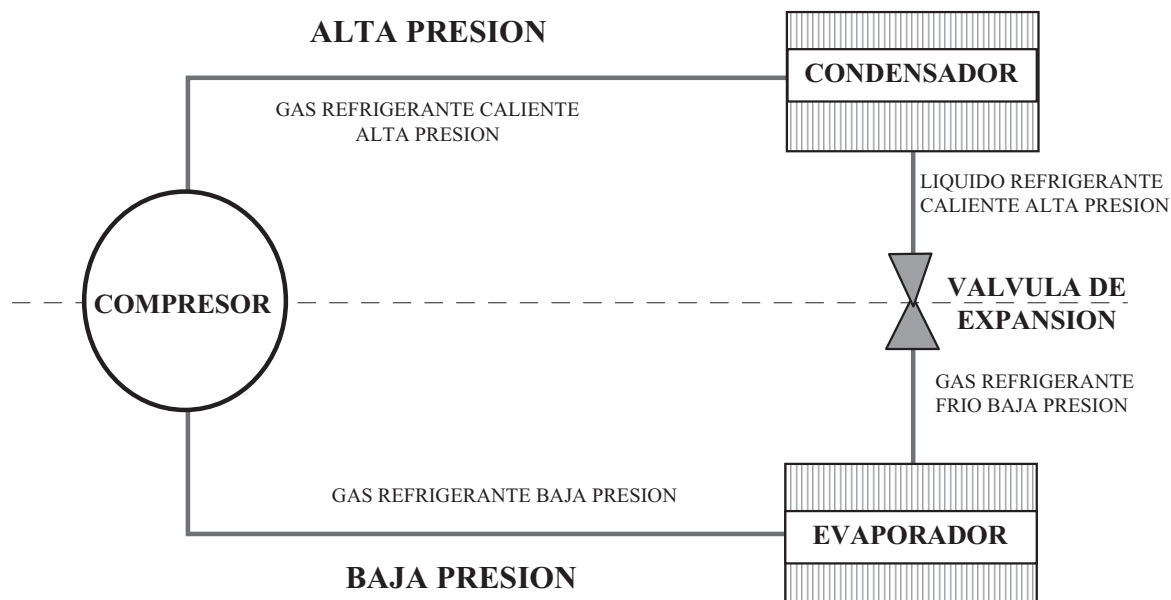
En la práctica los sistemas de acondicionamiento domésticos y comerciales utilizan la refrigeración mecánica, no obstante la refrigeración por absorción esta experimentando un gran avance en la producción de frío, sobre todo en el área industrial, motivada por ser equipos de mayor rendimiento y más silenciosos.

B.1) Refrigeración mecánica o Ciclo de Compresión:

El refrigerante en estado gaseoso ingresa al compresor siendo comprimido, aumentando por lo tanto su presión y su temperatura, pero permaneciendo en equilibrio estable, en tales condiciones es enviado hasta un condensador en el cual se reduce la temperatura del gas refrigerante mediante un fluido, agua o aire, al modificar su temperatura el gas cambia de estado, se licúa, en esa condición se lo envía a través de cañerías hasta una válvula, llamada de expansión, en la cual se produce una brusca reducción de presión, el líquido a baja presión, tiende a gasificarse, lo que consigue absorbiendo calor del intercambiador o evaporador, el que enfría el agua o el aire que se utiliza en el proceso de acondicionamiento.

Finalmente el refrigerante, nuevamente en el estado gaseoso y a baja presión, es aspirado por el compresor, reiniciándose el ciclo. Se deduce de ello que en el ciclo es preciso suministrar trabajo para el accionamiento del compresor, una fuente o fluido frío para condensar el refrigerante y un fluido caliente para ceder el calor para gasificación del refrigerante, es decir que los elementos básicos de esta parte de la instalación son:

- 1) Compresor frigorífico, con su motor de accionamiento.-
- 2) Condensador, con su fluido de enfriamiento.-
- 3) Válvula de expansión.-
- 4) Intercambiador o Evaporador, este último forma parte del acondicionador de aire.-



Máquina de refrigeración mecánica

1) Compresores

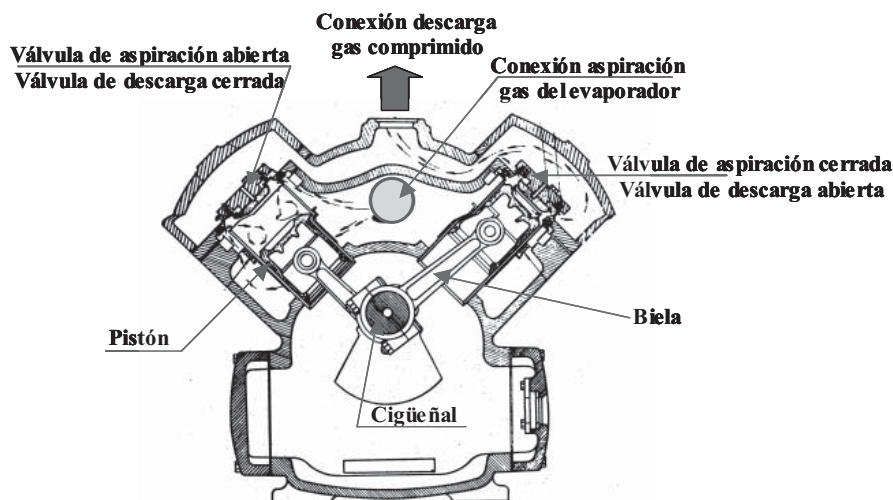
Los compresores utilizados para refrigeración se pueden clasificar en:

- Compresor alternativo.
- Compresor centrífugo.
- Compresor "tipo tornillo" axihelicoidal.
- Compresor rotativo.

a) Compresores alternativo

El compresor alternativo está constituido por uno o más cilindros, pistones, válvulas y conexiones para la aspiración y descarga del refrigerante.

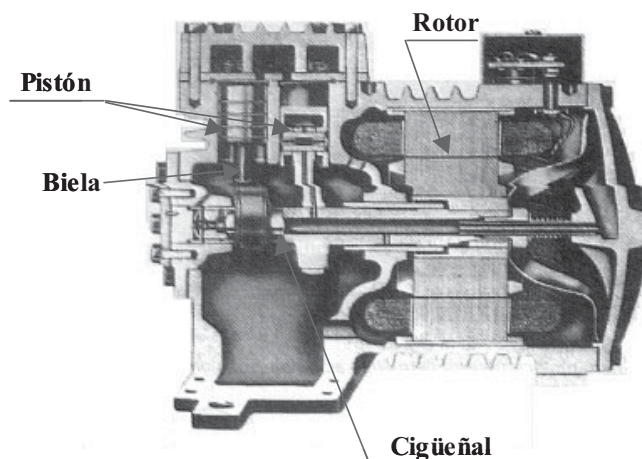
El pistón en su carrera descendente succiona a través de la válvula de aspiración vapor refrigerante a baja presión y temperatura proveniente del evaporador. Mientras que en la carrera ascendente lo comprime, cierra a la válvula de succión, y descarga a alta presión y temperatura, a través de la válvula de descarga, en el condensador. En cuanto el pistón comienza su carrera descendente, la presión baja y se cierra la válvula de descarga, hasta llegar a un punto en que es algo menor que la del evaporador, abriéndose entonces nuevamente la válvula de aspiración y repitiéndose el ciclo.



Corte compresor alternativo

De acuerdo con el acoplamiento que tenga con el motor, se los puede clasificar en tres tipos:

- **Compresor abierto:** El eje del compresor se prolonga fuera de la carcasa acoplándose a un motor situado en el exterior. El acoplamiento con el motor se produce mediante correas tipo V, o directamente.
- **Compresor hermético o blindado:** el compresor está incluido dentro de una carcasa herméticamente sellado, junto con el motor.
- **Compresor semihermético:** similar al anterior, en cuanto a la unión hermética motor-compresor, pero es accesible la carcasa que une al conjunto.



Corte motocompresor alternativo - Hermético accesible

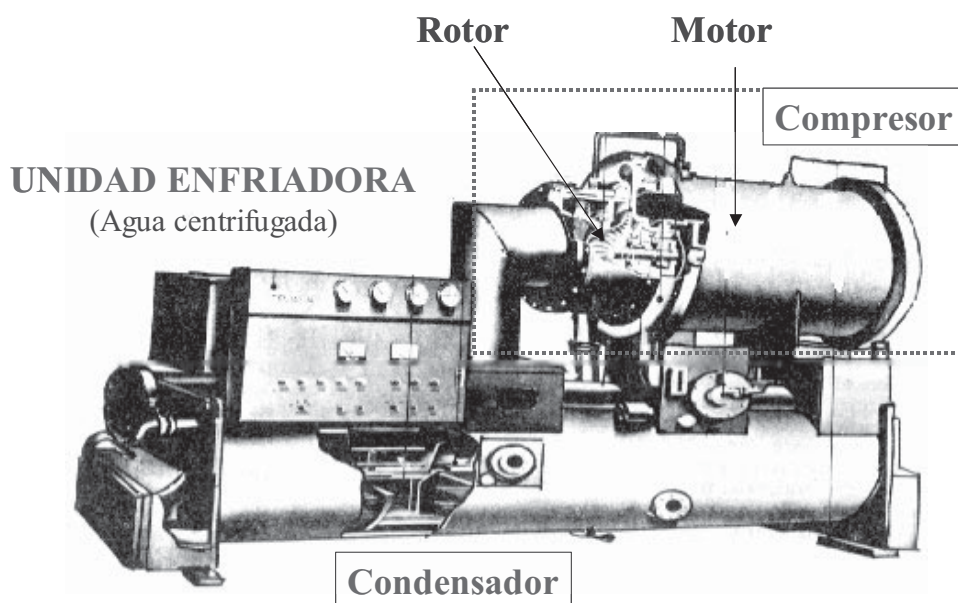
El compresor abierto es más sencillo de fabricar y de fácil reparación. Tienen el inconveniente que el cigüeñal del compresor debe salir del cárter a fin de permitir el montaje de la polea o el acople directo del motor. Por lo cual requieren un buen sellado (prensaestopa) con el fin de impedir la fuga del refrigerante, siendo el problema principal de este tipo de compresor.

En los compresores herméticos o semiherméticos, el refrigerante está en contacto directo con el motor eléctrico, al que incluso refrigera. La desventaja de éstos reside en la inaccesibilidad del motor para la reparación y manutención.

Tienen capacidades hasta 150 HP de potencia.

b) Compresores centrífugos

La compresión del refrigerante se produce por acción centrífuga. Para ello un rotor gira a alta velocidad, el mismo está dotado de paletas diseñadas para tomar el refrigerante de baja presión cedido por el evaporador y lo arroja hacia la periferia con una velocidad tal, que da lugar a una elevada presión de descarga.



Las máquinas centrífugas son adecuadas para sistemas de gran capacidad, por encima de las 100 toneladas de refrigeración. Potencias hasta 900 HP, alcanzan la misma a través de varios pasos de compresión, en la que existen varios rotores de distintos tamaños a la que va pasando el gas refrigerante en su etapa de compresión.

Mayormente se emplean en máquinas enfriadoras de agua, que junto con el condensador forman una unidad integral.

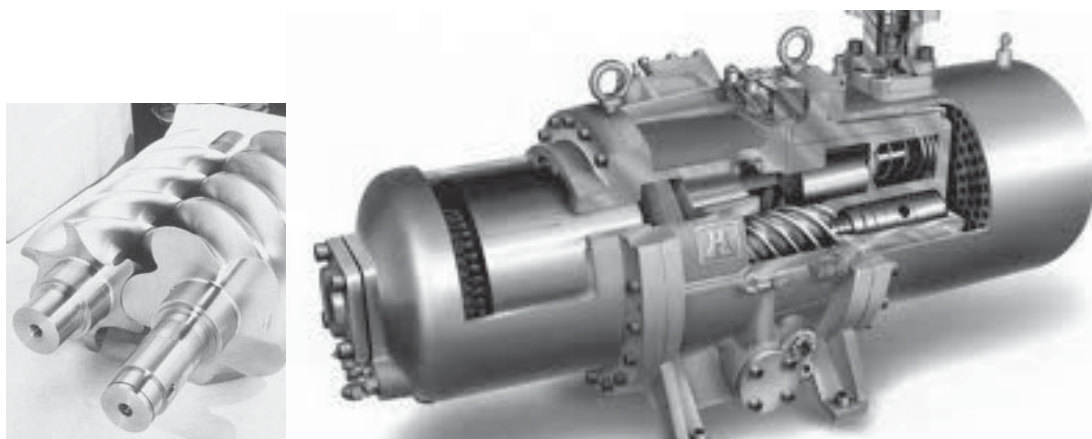
Se los puede clasificar en abiertos cuando el motor no está en contacto con el compresor y herméticos cuando el motor y el compresor forman una unidad compacta, estos últimos son los más utilizados.

c) Compresor axihelicoidal

Se los conoce como “a tornillo” debido a que logran la compresión del refrigerante por intermedio de dos engranajes helicoidales de desplazamiento positivo.

Por intermedio de dicho dispositivo se produce el desplazamiento del fluido mediante la acción de ambos rotores, produciéndose de esa manera un flujo continuo del refrigerante.

Siendo su funcionamiento muy suave, sin vibraciones, utilizandolos en general para capacidades medianas y grandes. Son fácilmente regulables, pudiéndose variar su capacidad de uso.



d) Compresores rotativos

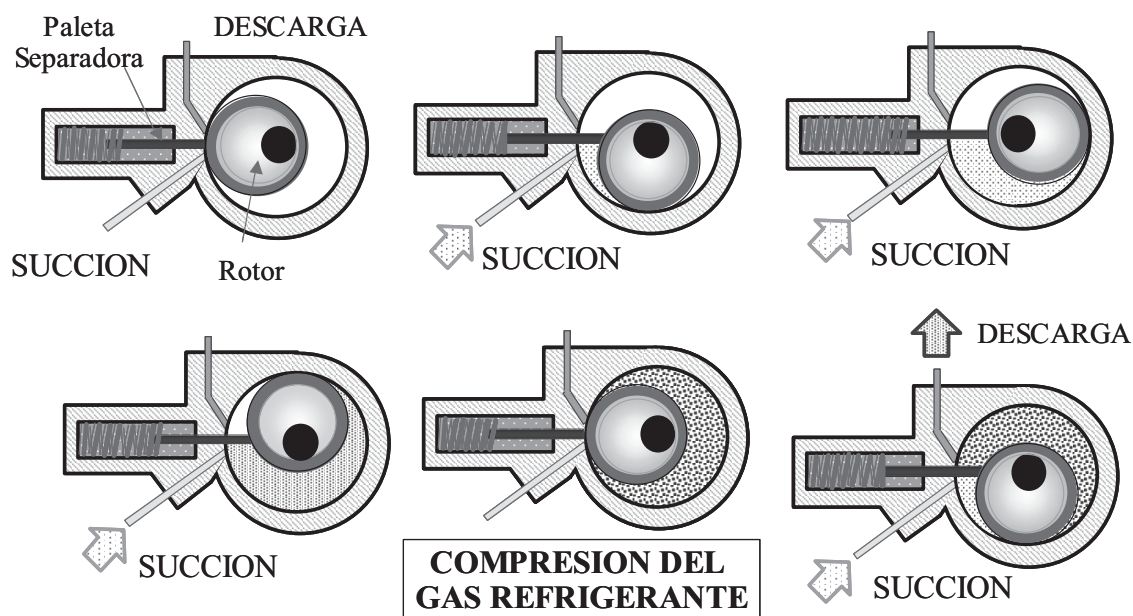
Estos compresores están constituidos por el cuerpo del compresor que es un cilindro cerrado, dentro del cual gira un pistón, excéntrico accionado por el eje del motor.

En correspondencia con el eje geométrico del cuerpo del compresor se dispone una paleta separadora que se mantiene en contacto permanente con la superficie del cilindro.

Por debajo de la paleta tiene su entrada al interior del cilindro la línea de succión y por arriba, la línea de salida de descarga del refrigerante ya comprimido.

La función de la paleta separadora es la de crear dentro del cilindro dos zonas perfectamente diferenciadas. Se observa de las figuras que al girar el rodillo se va produciendo la ampliación del volumen del espacio donde se va a originar la succión del gas refrigerante. Además, la disminución del volumen del espacio contiguo, produce la compresión del mismo y, consecuentemente su descarga al condensador.

Se deduce, entonces, que el rodillo y la paleta separadora actúan creando zonas de depresión y compresión de igual manera que un compresor tipo alternativo o de acción recíproca.



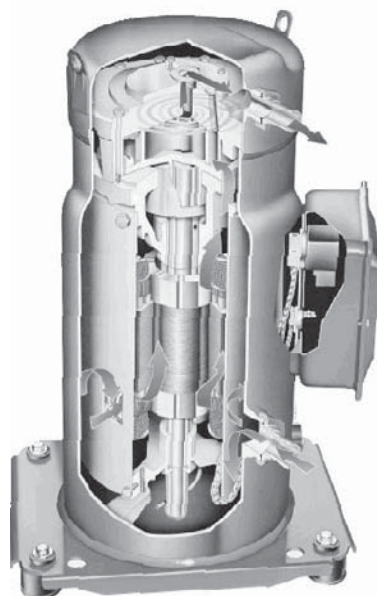
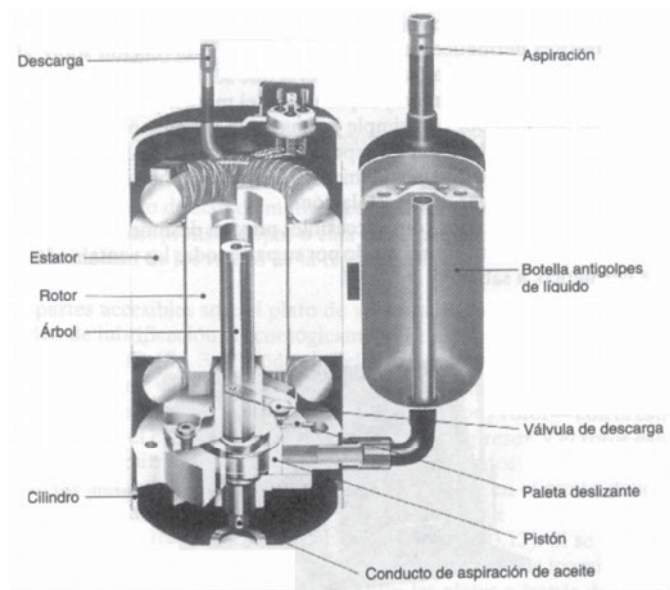
Este tipo de compresores es muy utilizado en equipos pequeños, 3 a 5 HP, por sus características acústicas, por ser muy silenciosos, pero su construcción requiere gran precisión.

2) Condensador, con su fluido de enfriamiento

El condensador permite ceder a un medio enfriante (aire o agua) el calor absorbido por el gas refrigerante en el evaporador más el suministrado por el compresor por el trabajo térmico de compresión, permitiendo la licuefacción del gas refrigerante, pasando entonces de vapor sobrecalentado a líquido, eventualmente subenfriado.-

La cantidad de calor ha evacuar se comprende:

- calor sensible de los vapores sobrecalentados.-
- calor latente de vaporización, el refrigerante pasa del estado gaseoso a líquido.-
- calor sensible del líquido hasta una temperatura próxima al medio enfriante.-



Tendremos entonces:

- Condensadores refrigerados por aire.-
- Condensadores refrigerados por agua.-
- Condensadores evaporativos.-

El condensador más eficiente es el refrigerado por agua, pues permite obtener temperaturas más bajas que los enfriados por aire. Pero requieren mantener instalaciones de agua, cañerías, bombas, etc.

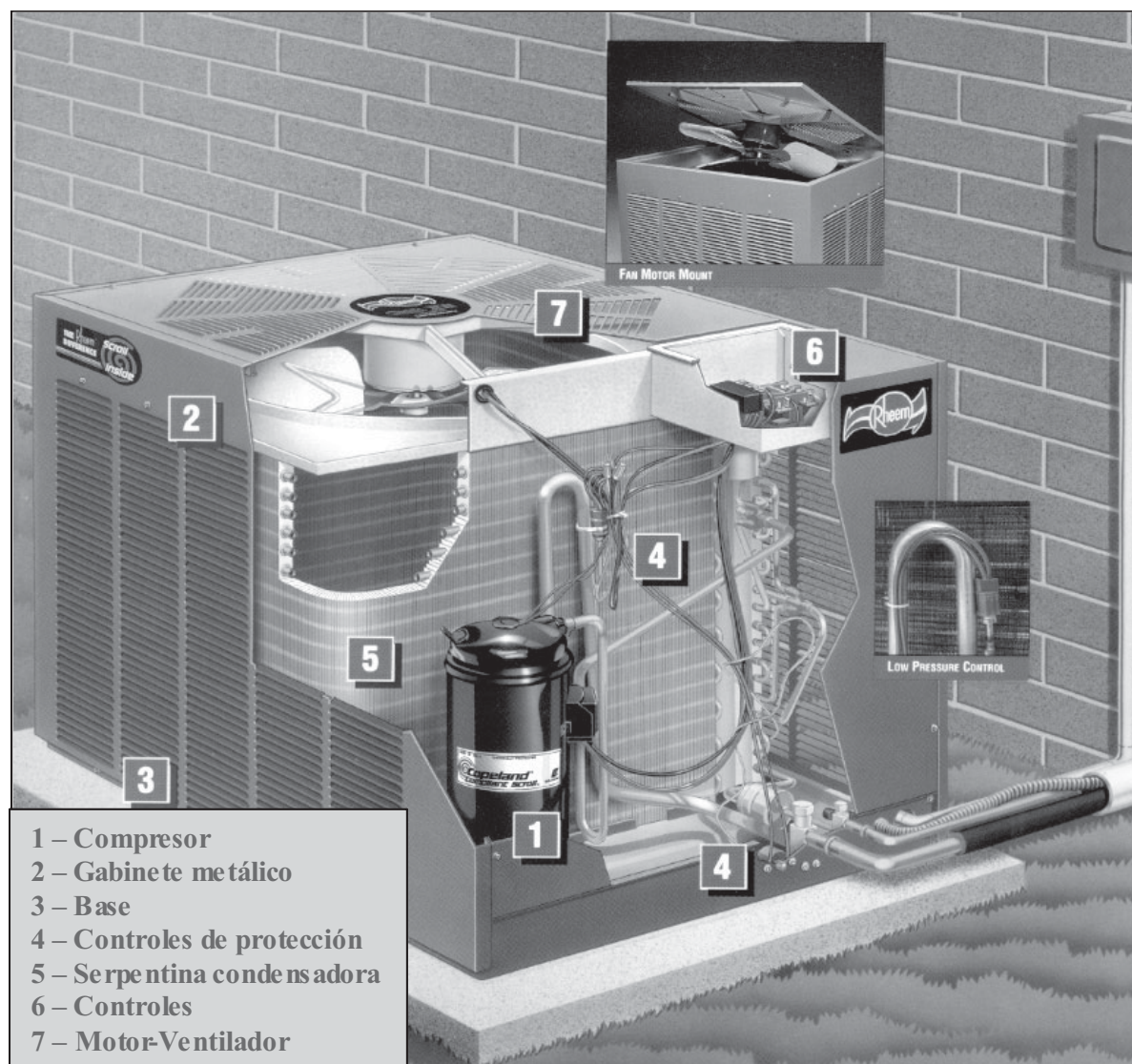
b-1) Condensadores enfriados por aire

Consiste en serpentinas continuas de cobre electrolítico, dotados de gran cantidad de aletas de aluminio y ventilador del tipo helicoidal o centrífugo según el modelo, se los utiliza hasta 100 TR. El gas refrigerante es descargado por el compresor por la parte superior de la serpentina, saliendo licuado por la parte inferior. El ventilador provoca una corriente de aire que atraviesa la serpentina aumentando la transferencia de calor. La eficiencia del condensador depende de la capacidad de eliminar del calor que contiene el gas refrigerante hacia el medio enfriante, a mayor temperatura del medio enfriante, aire o agua, menos eficiencia. Ahora bien cuando tenemos temperaturas exteriores elevadas, es decir mayor requerimiento de potencia de refrigeración, el condensador por aire es menos eficiente. Estos condensadores deben colocarse en un lugar donde pueda tomarse aire exterior a la menor temperatura posible y se pueda eliminar una vez que se produjo la transferencia de calor, el salto térmico que se produce en el

condensador es de aproximadamente de 5 °K a 7 °K. No obstante se los utiliza muchísimo, ya que los inconvenientes de mantenimiento son algo menores que los que utilizan agua.

Pueden ser incluidos directamente en los equipos de aire acondicionado.

El refrigerante líquido se recoge en un recipiente cilíndrico provisto de una válvula de seguridad, al cual se lo llama receptor de líquidos.



Unidad condensadora por aire

b-2) Condensadores por agua

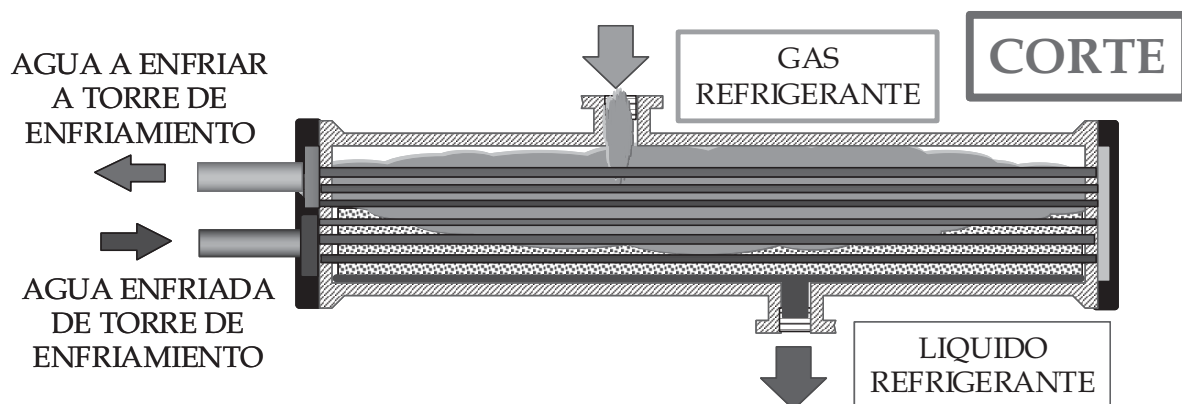
Se los utiliza para instalaciones de más de 5 toneladas de refrigeración.

Pueden ser:

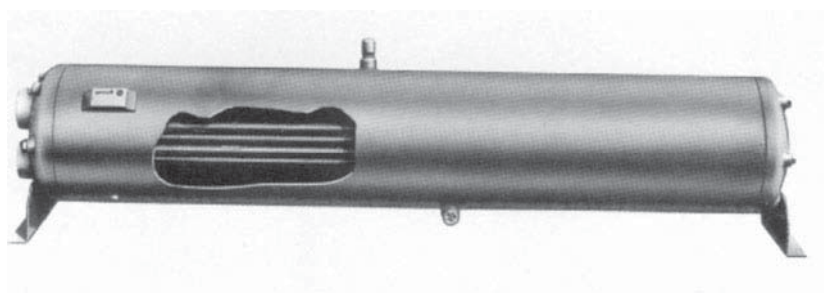
- Condensadores Multitubulares.-
- Condensadores de inmersión.-
- Condensador de doble tubo.-

Los Condensadores Multitubulares constan de un envolvente de acero y un conjunto de tubos, con dos cabezales desmontables que facilitan la limpieza. Por dentro de los tubos circula el

agua, proveniente desde la torre de enfriamiento, y por fuera de ellos pasa el gas refrigerante a condensar. Se los utiliza en máquinas de más de 5 toneladas de refrigeración.

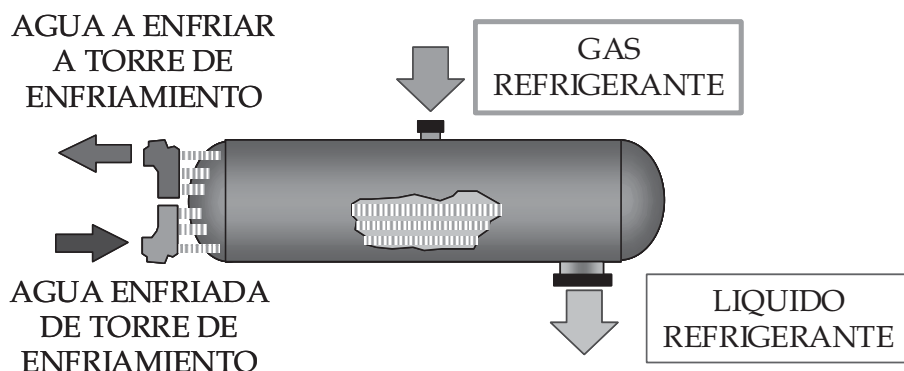


Corte de un condensador multitubular



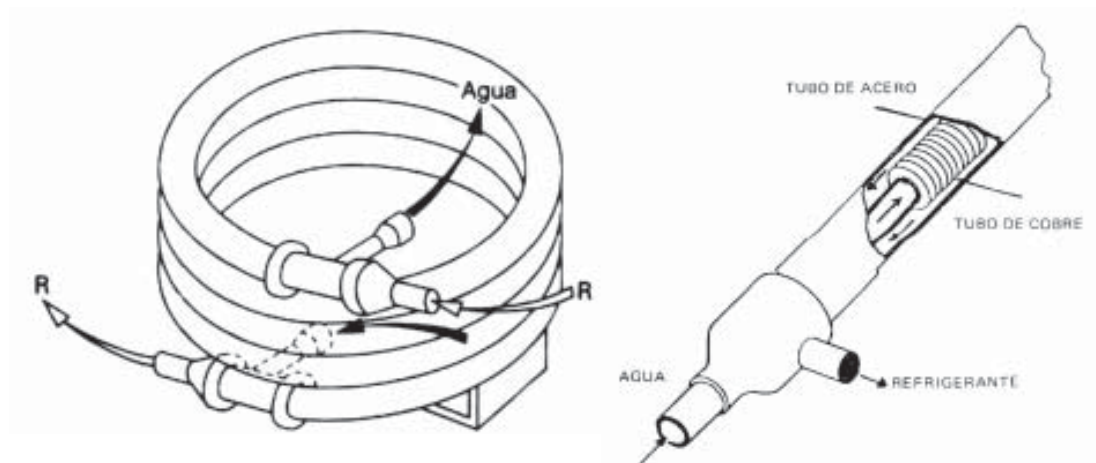
Condensador multitubular o casco y tubo

En los Condensadores de inmersión, el agua circula por un serpentín continuo, provisto de aletas, contenido dentro de una carcasa. Se utilizan hasta 3 toneladas de refrigeración.



Condensador de inmersión o serpentina

Los Condensador de doble tubo constan, de dos tubos, donde circula agua por la tubería interior y el refrigerante pasa en dirección contraria entre la pared del tubo interior y el exterior.



Condensador doble tubo o tubo en tubo

Este tipo de condensador tiene un alto rendimiento, dado que al estar el refrigerante en contacto con el aire exterior a través de la pared del tubo se logra un enfriamiento suplementario.

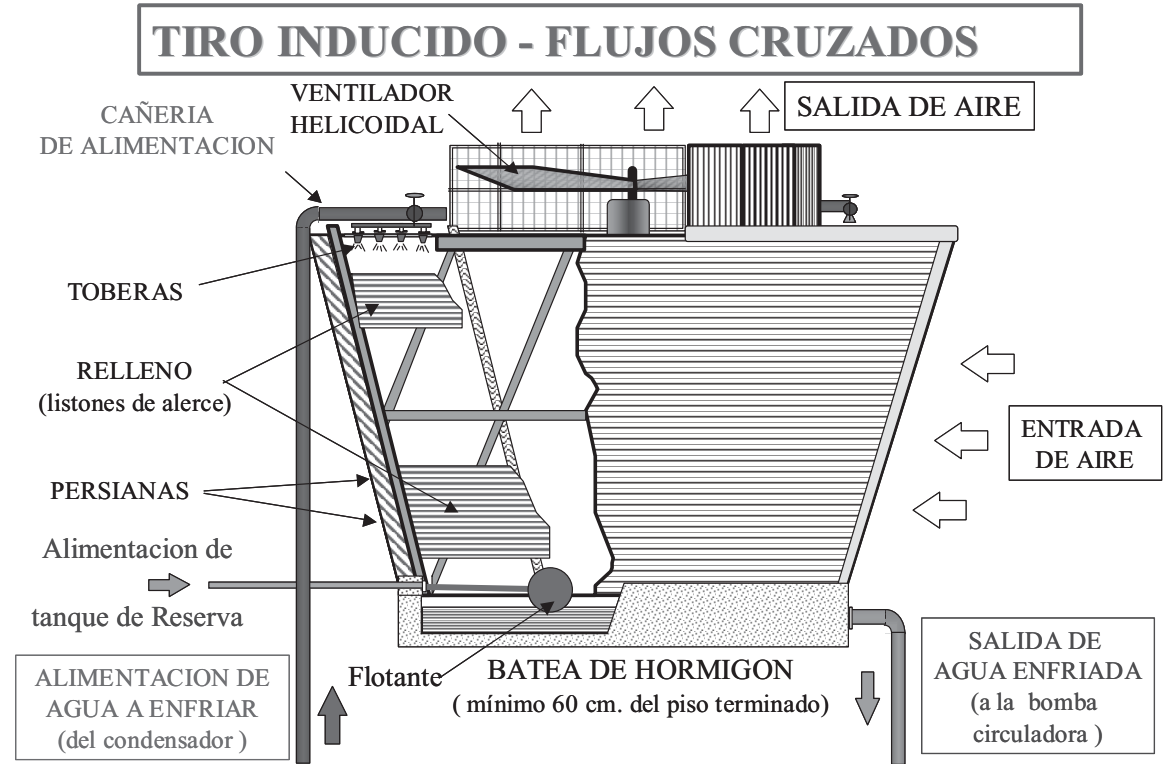
Por su eficiencia y facilidad de instalación son condensadores que se utilizan mucho en los equipos compactos autocontenidos. Por lo general para aumentar su eficiencia, el tubo interior se recubre con aletas de aluminio.

Este tipo de condensador, al igual que los de inmersión, tienen la dificultad de la limpieza interior de los tubos, que solo es posible por medios químicos. Siendo de difícil reparación en caso de existir una pérdida.

□ Torre de enfriamiento

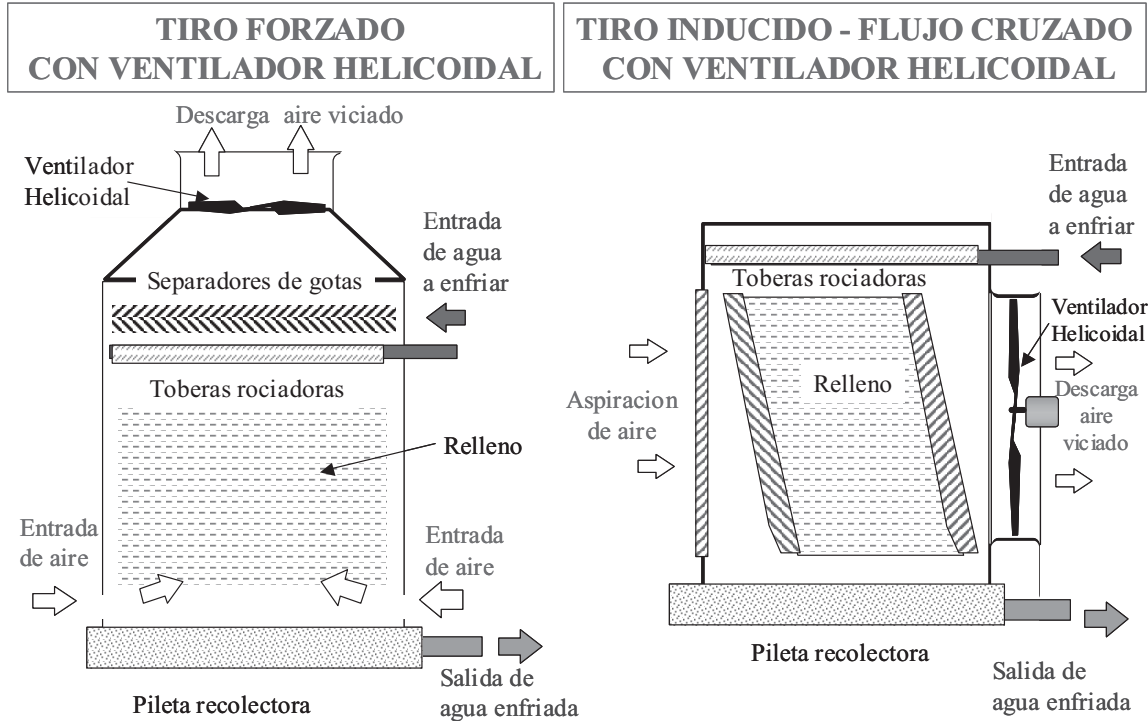
La torre de enfriamiento es el alma para el condensador enfriado por agua. De su diseño y ubicación dependerá la eficiencia de la máquina frigorífica. En aire acondicionado se utilizan las de tiro forzado, requieren un ventilador para forzar el contacto del agua con el aire.

El agua que sale del condensador de la máquina frigorífica, la cual debe ser enfriada, se impulsa hacia la torre de enfriamiento y se dispersa mediante toberas de bronce o plástico de alto impacto, que fragmenta el líquido en múltiples gotitas o haciéndola caer libremente sobre rellenos, hoy material plástico, antiguamente eran un entramado de varillas de madera de alerce, donde al golpear forman una lluvia muy fina. Un ventilador axial, ubicado por lo general en la parte superior, aspira aire del exterior, el cual al tomar contacto con el agua caliente que viene del condensador en forma de lluvia, la enfría produciendo un salto térmico de 5 °K a 7 °K. El efecto enfriador por conducción es aumentado por la evaporación, que sustrae calor del resto del agua. En esa forma, en la parte inferior de la torre donde se construye una batea colectora, se acumula agua enfriada que desciende a través de cañerías al condensador. Donde es tomada por una bomba centrífuga y recirculada en el sistema.



Es necesaria una reposición permanente y constante de agua para compensar el agua que se evapora, y la que se pierde por medio del accionar del ventilador, aproximadamente un 5%, debiéndose conectar la batea colectora con una conexión directa al tanque de reserva, con un flotante mecánico y una llave de paso.

Este tipo de torres se las ubica generalmente en las azoteas para satisfacer la necesidad de una fácil y amplia ventilación por sus costados.

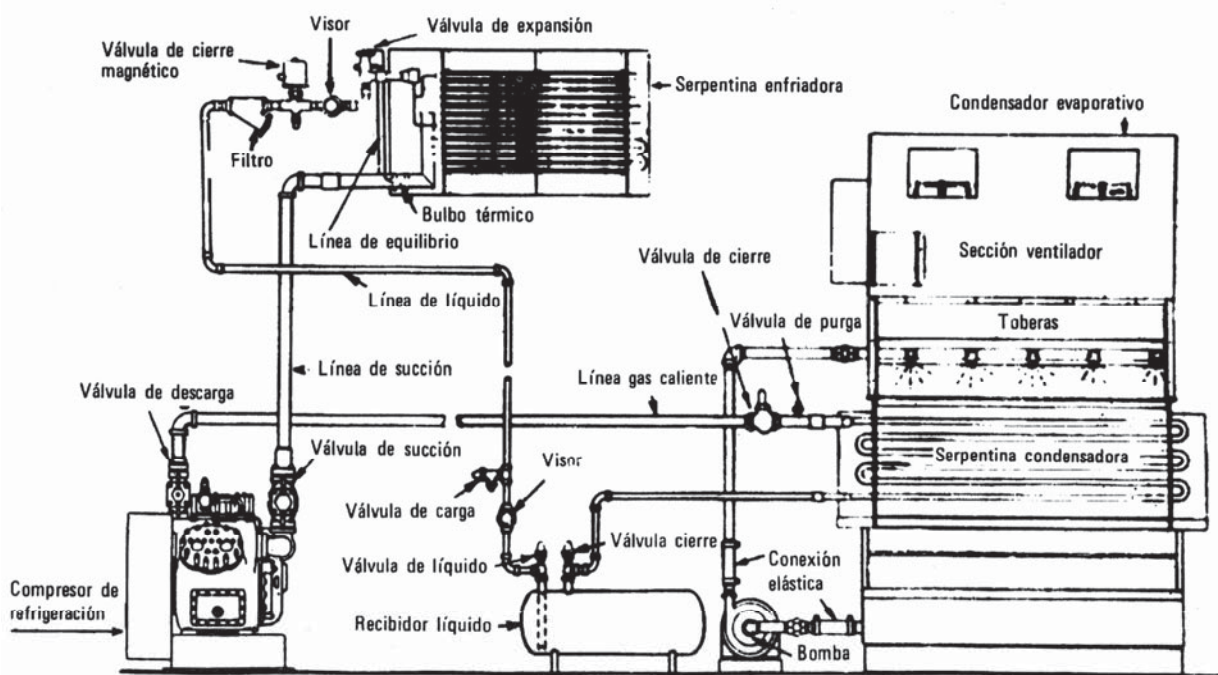


b.3) Condensador evaporativo. Condensador y torre de enfriamiento conforman un equipo. Es de gran eficiencia y debe ubicarse inmediato al compresor frigorífico, porque está unido al mismo por la tubería del refrigerante, cuyo recorrido debe ser el más corto posible.

En estos condensadores el refrigerante proveniente del compresor es enfriado y licuado en la serpentina condensadora compuesta de tubos continuos dentro de los cuales circula el gas refrigerante que se desea condensar, sobre estos tubos llueve agua atomizada por toberas ubicadas sobre la serpentina, en la parte superior se halla él o los ventiladores que producen la circulación del aire en contracorriente con el agua.

La instalación de estos equipos requiere amplios conductos de entrada de aire a la sala de máquinas y para expulsión del aire caliente y saturado que ha absorbido el calor de condensación.

Estas exigencias suelen limitar el campo de aplicación de estos equipos.



3) Dispositivos de expansión del refrigerante

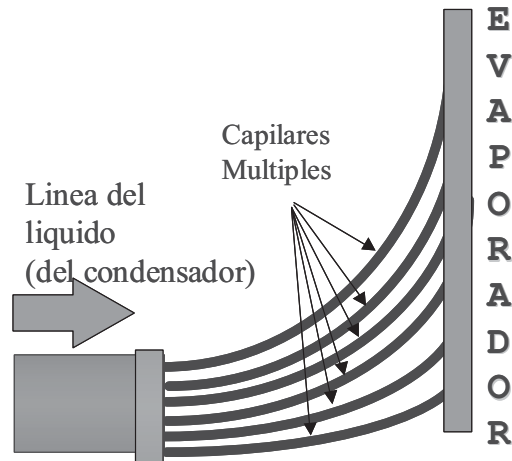
Los dispositivos de expansión permiten dividir al sistema en dos zonas, una de alta y otra de baja presión. Deben responder a las necesidades del evaporador en cuanto al suministro de fluido frigorígeno, las cuales dependen únicamente de la carga exterior. Para ello disponemos de:

- 3-a) Expansionadores capilares o Tubo capilar.
- 3-b) Válvula de expansión.

3-a) Expansionadores capilares - Tubo capilar

El expansionador capilar o tubo capilar es el dispositivo formado por un tubo o varios de cobre cuyo diámetro exterior varía entre 0,6 y 2,8 mm y de longitud perfectamente determinada para crear una pérdida de carga suficiente para equilibrar la diferencia de presión entre la descarga y la aspiración.

Este tipo de elemento se utiliza generalmente en acondicionadores individuales y heladeras eléctricas, es decir, aparatos de poca potencia frigorífica. La principal ventaja reside en lo simple del dispositivo, dado que son prefabricados, y su desventaja es el menor rendimiento frente a las válvulas.

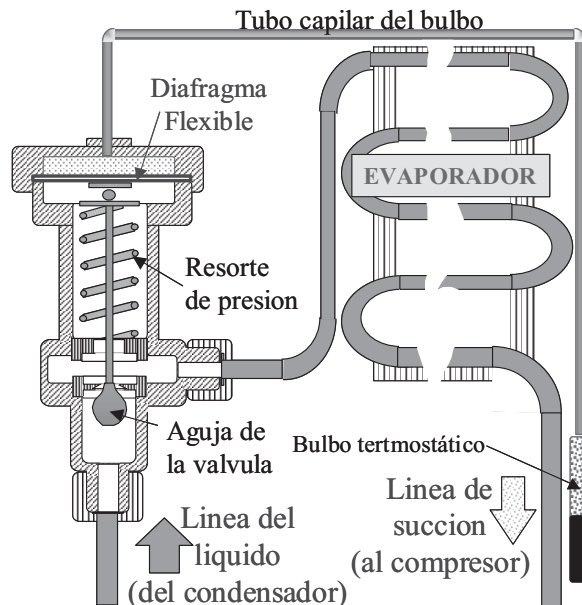


3-b) Válvula de expansión

La función de la válvula de expansión es la de asegurar la alimentación en forma automática de refrigerante al evaporador con objeto de obtener un llenado máximo en función de las aportaciones de calor exterior.

Las válvulas de expansión termostáticas son las más utilizadas, están constituidas por una aguja que cierra sobre un asiento y por un vástago sujeto a un diafragma.

El diafragma está sometido de un lado a la presión de entrada del recipiente del liquido refrigerante condensado y del otro a la presión de un bulbo termostático fijado a la línea de succión, a la salida del evaporador.



Válvula de expansión

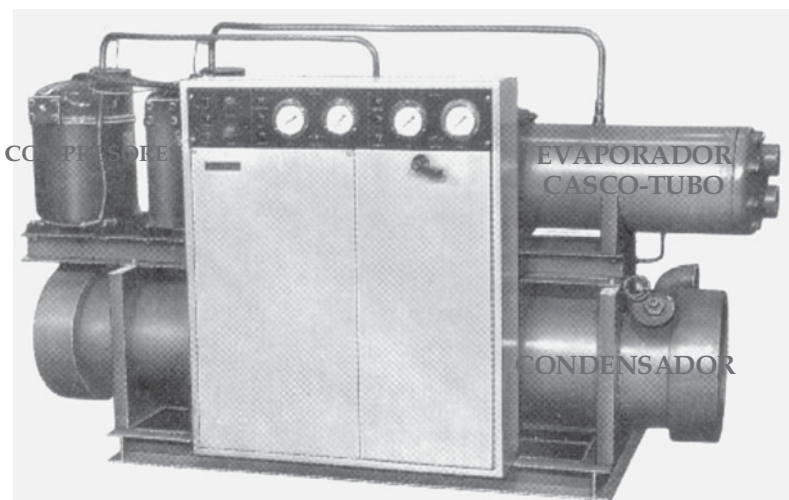
De modo que si sube la carga calorífica en el evaporador, el aumento de temperatura del gas a su salida, se reflejará en el bulbo, aumentando la presión de un lado del diafragma y abriendo la válvula, permitiendo de esa manera el mayor paso del refrigerante líquido.

Las válvulas de expansión electrónica están concebidas para asegurar un llenado óptimo del evaporador con un recalentamiento mínimo y estable, cualquiera sean las condiciones de funcionamiento. Están formadas por la válvula de expansión electrónica, el regulador y los captadores o sensores.

4) Evaporadores

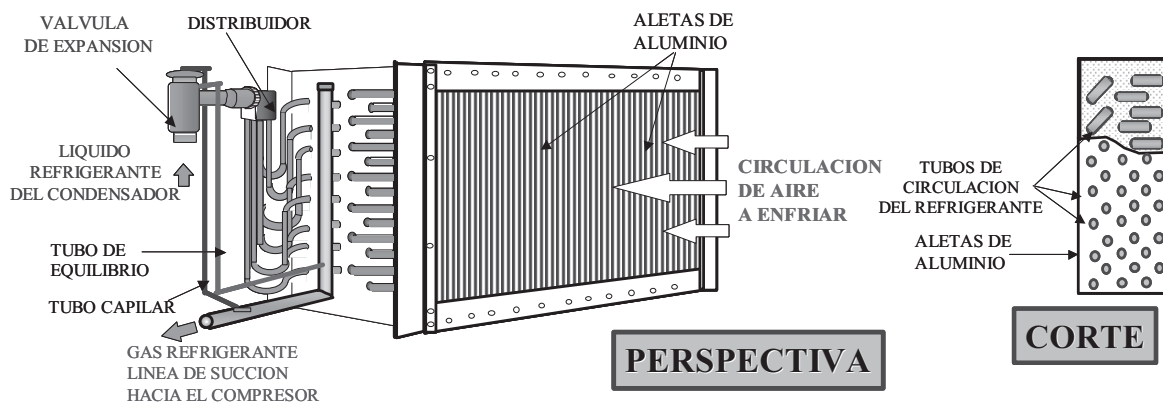
La función del evaporador es la de enfriar el fluido calotransportador.

Si el evaporador enfria agua, denominados intercambiadores, puede ser de casco y tubo, equivalente al condensador de similares características, están conformados por tubos de cobre para aumentar la transferencia del calor refrigerante-agua. Están aislados exteriormente generalmente con planchas de neoprene.



Enfriador de líquidos - Condensación por agua

Si el evaporador enfria el aire a inyectar al local, se componen de una serie de tubos unidos a colectores comunes montados dentro de una caja metálica. Para favorecer la transferencia del calor se fijan a los tubos aletas planas. La tubería puede ser de cobre con aletas de cobre o aluminio.



Unidad evaporadora - Condensación por aire

La velocidad resultante a través de la batería está determinada por la cantidad de aire, el diámetro del tubo, el espacio disponible y la carga térmica de la batería. Los datos suministrados por el fabricante dan las velocidades máximas recomendadas, por encima de las cuales comienza el goteo, de la condensación de la humedad contenida en el aire.

En los evaporadores de condensación directa, se produce la evaporación del refrigerante líquido en contra de la corriente de agua o aire que se desea refrigerar.

Si en el evaporador se produce la expansión del refrigerante líquido, estando en contacto directo con el agua o el aire por tratar, se las denomina de expansión directa.

❑ Refrigerante

Las condiciones que debe cumplir un refrigerante para ser utilizado en refrigeración de confort son las siguientes:

a) Desde el punto de vista termodinámico

- Punto de ebullición, a presión atmosférica, lo suficientemente bajo, apto para las fuentes de utilización de la instalación de aire acondicionado, Temperatura de evaporación.-
- Calor latente de vaporización elevado.-
- Bajas presiones de trabajo.-
- Bajo volumen específico del vapor saturado que haga posible la utilización de un compresor y de tuberías de dimensiones reducidas.-

b) Desde el punto de vista de la utilización

- No ser tóxico, debe tener olor agradable o ser inodoro.-
- No ser explosivo, inflamable, en contacto con el aire.-
- No debe ser corrosivo ni irritante.-
- No debe ser perjudicial para la salud.-
- No debe ser perjudicial para los alimentos.-
- Fugas que sean fáciles de detectar y de localizar por medios visuales.-
- No debe afectar la capa de ozono. Protocolo de Montreal sobre sustancias que afectan a la capa de ozono.-
- Ser de un coste poco elevado y de fácil abastecimiento.-

Ninguno de los fluidos empleados poseen todas estas cualidades.

Podremos decir entonces que el criterio a utilizar para seleccionar un refrigerante es su comportamiento termodinámico, su comportamiento respecto a la salud, su seguridad, su impacto al medio ambiente y su costo.

Estas condiciones han restringido la aplicación del refrigerante más tradicional, el amoníaco, por contaminante y por atacar al cobre.

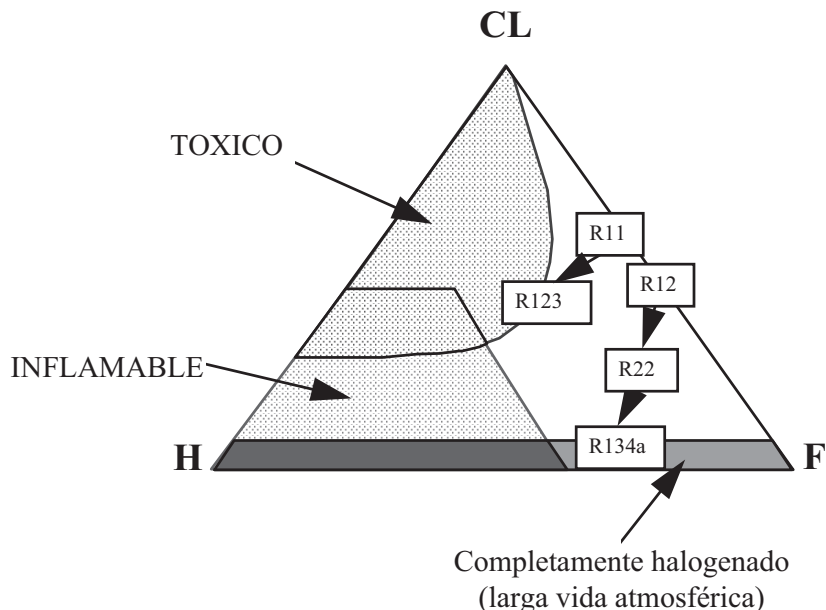
Los refrigerantes que se utilizan en aire acondicionado están compuesto en la mayor parte por uno o dos átomos de carbono y varias combinaciones de cloro, flúor e hidrógeno.

Los refrigerantes que contienen demasiado hidrógeno son inflamables, los que tienen alto grado de cloro son tóxicos y además afectan a la capa de ozono.

En la Argentina se utilizan los siguientes tipos de refrigerantes:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| ❑ Cloruro flúor carbonados - | CFC : como el R11 y R12.- |
| ❑ Hidrocloruros flúor carbonados - | HCFC : como el R22 y R123.- |
| ❑ Hidrofluor carbonados - | HFC : como el R134a y R152a.- |

Representando diferentes composiciones de estos elementos, el carbón no aparece por ser un elemento común a todos. Cada uno de los tres puntos del triángulo representa un compuesto consistente sólo del elemento indicado en ese punto, más el elemento carbón. Los lados del triángulo representan combinaciones de elementos en los puntos adyacentes y el interior del triángulo indica combinación de los tres elementos.



La afectación de la capa de ozono se debe principalmente a la emisión o liberación de productos clorados al medio ambiente, el cloro es la base de algunos refrigerantes.

En respuesta a este problema los representantes de más de cien (100) países firmaron el Protocolo de Montreal. Estableciendo para países desarrollados el cese de la fabricación de los refrigerantes CFC a partir del 1/1/1996 y de los HCFC a partir del 1/1/2015, otorgándose diez años de gracia para los países en vía de desarrollo. Mientras que los HFC no tienen tiempo límite para su fabricación, por no afectar la capa de ozono.

Los equipos que trabajan con presión negativa utilizan R11 y R123, compresores centrífugos, mientras que los equipos de media y alta presión utilizan R12, R22 y el R134a, equipos compactos.

En las máquinas que utilizan R12 y R22 podemos reemplazar su refrigerante por el R134a para adecuarlas al Protocolo de Montreal, mientras que a la fecha no existe un refrigerante que reemplace al R11 y R123.

B.2) Ciclo de absorción:

En el ciclo de refrigeración por absorción intervienen dos sustancias la cual una es refrigerante y la otra es absorbente. Hay varias sustancias capaces de cumplir estas funciones, en el campo del acondicionamiento de aire las sustancias que se emplean son las sales de litio, bromuro o cloruro de litio, y el agua.

Se producen dos fenómenos:

- ❑ La solución absorbente, absorbente y refrigerante, puede absorber vapor del refrigerante.-
- ❑ El refrigerante hierve, enfriándose casi instantáneamente, cuando es sometido a una presión más baja.

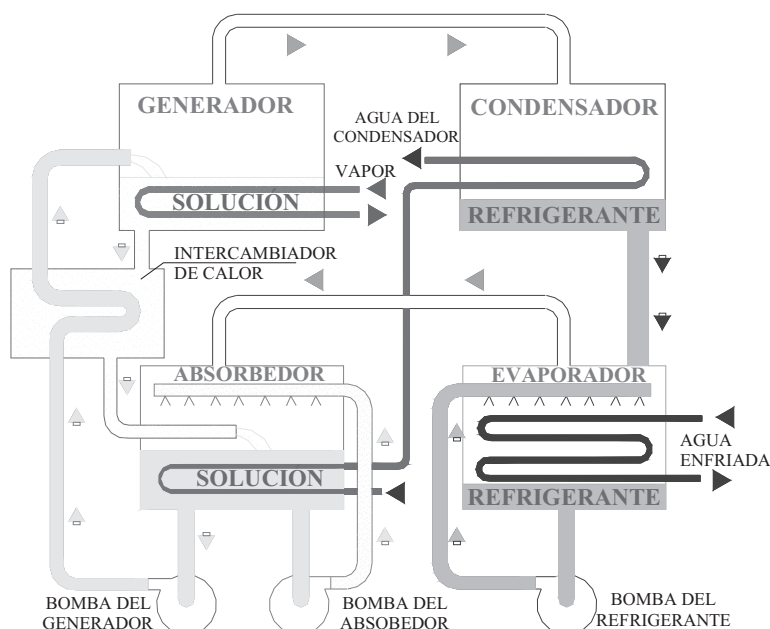
❑ Equipos de refrigeración por absorción

La máquina de absorción consta de evaporador y condensador, tal cual los sistemas de refrigeración por compresión ya visto. Difiere del anterior en la manera de transformar el vapor a alta presión y temperatura, apto para pasar al condensador.

En la máquina de compresión, para tal efecto, se utiliza un compresor, mientras que en la de absorción se utiliza un conjunto de elementos constituidos por un depósito de absorción, bomba de agua, una fuente de calor y un depósito separador.

La máquina de absorción de bromuro de litio utiliza el bromuro como absorbente y el agua como refrigerante, para obtener la refrigeración.

Se rocía agua dentro de un evaporador en el que se mantiene un alto grado de vacío. Una parte del agua se evapora muy rápidamente y enfría la cantidad restante. El vapor de agua es absorbido por una solución de bromuro de litio existente en la cámara de absorción. La solución resultante es después calentada en el generador para separar de dicha solución el agua que contiene evaporándola, la cual se condensa a continuación en el condensador y retorna al evaporador, con lo que el ciclo se completa.



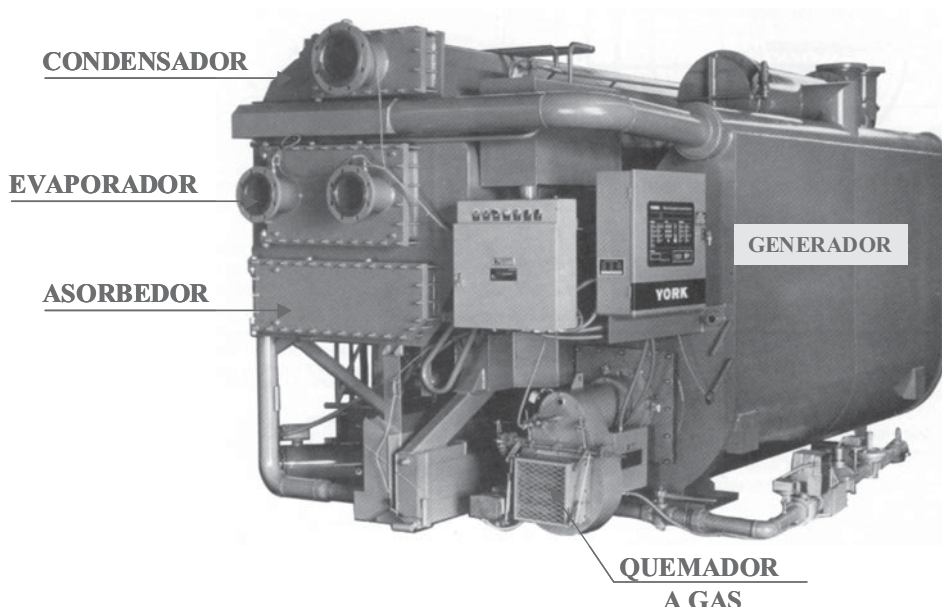
El absorbedor está parcialmente lleno con solución de bromuro de litio. El evaporador está contiene agua. En la tubería que conecta ambos intercambiadores se ha extraído el aire. El bromuro de litio comienza a absorber el vapor de agua, cuando éste es absorbido el agua hierve, generando más vapor, enfriándose el agua restante.

Como el agua se puede evaporar con más facilidad si está pulverizada, se utiliza una bomba para hacerla circular desde la parte inferior del evaporador hasta un pulverizador situado en la parte superior. Debajo de dicho pulverizador se encuentra el serpentín del evaporador, el agua contenida en los tubos del serpentín procede de las serpentinas del equipo de acondicionamiento u otra carga y es enfriada casi instantáneamente.

La solución de bromuro de litio, si está pulverizada, también absorbe más fácilmente el vapor de agua, por lo que se utiliza una bomba para hacerla circular desde la parte inferior de la cámara de absorción o absorbedor hasta el pulverizador situado en la parte superior.

A medida que el bromuro de litio continúa absorbiendo vapor de agua, se diluye y su capacidad para absorber más vapor de agua disminuye. La solución diluida es bombeada al generador donde se aporta calor mediante vapor de agua u otro fluido caliente que circula por el serpentín

del generador para hacer que el agua contenida en la disolución hierva. Por este medio la solución se concentra y es retornada a la cámara de absorción. Puesto que la solución diluida enviada al generador debe ser calentada y la solución concentrada que sale del mismo debe ser enfriada, se utiliza un intercambiador en el circuito de la solución para evitar pérdidas de calor. El vapor de agua de la solución existente en el generador pasa al condensador y al entrar en contacto con el serpentín del mismo, relativamente frío, se condensa, volviendo al evaporador por lo que no hay pérdida de agua en el circuito. Antes de que el vapor de agua pase por los tubos del condensador, pasa por un haz de tubos situados en el absorbedor. Aquí recoge el calor debido a la dilución y el calor de la condensación.



B.3) Dispositivos de regulación

Obtenida la temperatura de régimen del local, se debe parar la máquina frigorífica, y su nueva puesta en marcha será cuando la temperatura ha vuelto a subir hasta un valor previamente determinado, debe hacerse de forma automática.

Los aparatos que permiten este funcionamiento son los termostatos y los presostatos.

□ Termostatos

Son los aparatos destinados a abrir y cerrar un circuito eléctrico bajo la acción de una variación de temperatura. El más sencillo es el termómetro de contactos que utiliza el mercurio como conductor.

Los termostatos se clasifican en tres categorías principales:

1. Termostatos de ambiente.-
2. Termostatos de evaporadores.-
3. Termostatos para líquidos.-

Su construcción se diferencia por el sistema del elemento motor:

- a) Deformación de un elemento bimetálico;
- b) Tensión de vapor de un fluido;
- c) Dilatación de un líquido;
- d) Presión de un gas liberado por un adsorbente.

1. Termostatos de ambiente

Se colocan en el interior del local. Pueden ser con bimetalo o por tensión de vapor. En este último caso, el elemento sensible puede estar constituido solamente por un fuelle que contiene la carga de fluido, o por un conjunto de fuelle y bulbo, este último formado por un tubo capilar enrollado en espiral y colocado debajo del cuerpo del aparato, o bien, por un conjunto de fuelle, capilar y bulbo a distancia.

Cualquiera que sea el tipo de termostato, el elemento sensible debe emplazarse siempre en la corriente de aire en movimiento, convección.



Termostato electrónico

2. Termostatos de evaporadores

Los termostatos de evaporadores se emplean en particular para la regulación de los refrigeradores domésticos, y en los enfriadores de líquido. Son del sistema con bulbo, el cual debe fijarse en el evaporador en un punto donde el refrigerante se encuentre todavía en el estado de vapor húmedo.

3. Termostatos para líquidos

Los termostatos empleados para la regulación de la temperatura en baños de líquidos son de concepción similar a los termostatos de ambiente del tipo con bulbo y capilar. Puede también regularse la temperatura de los baños de líquido con termostatos cuyo elemento sensible tiene la forma de tubo sumergido en el baño que funciona por dilatación de un líquido en su interior, generalmente alcohol.

❑ **Presostatos:** Estos aparatos pueden clasificarse como sigue:

- a) presostatos de regulación;
- b) presostatos de seguridad.

a) **Presostatos de regulación**, presostatos de baja presión: En estos aparatos encontramos el mismo mecanismo que poseen los termostatos de vapor, con la variante de la supresión del bulbo y la carga de fluido. El presostato de baja presión regula el funcionamiento del compresor. La presión que actúa sobre el fuelle es la baja presión del sistema que reina en el evaporador y el cárter del compresor.

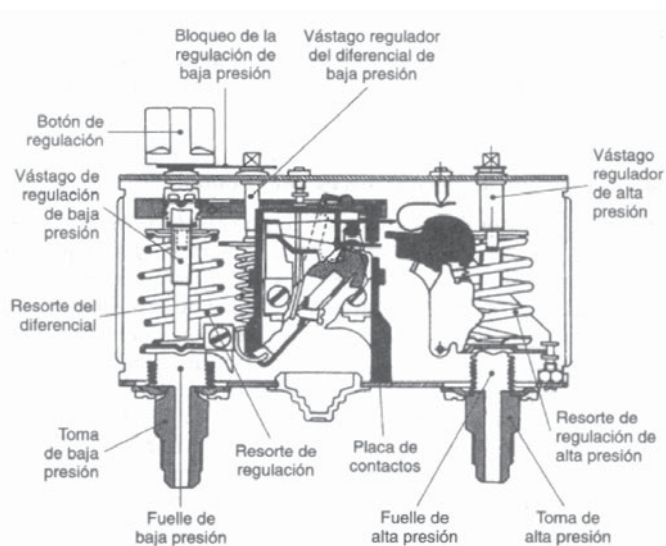
Durante el período de marcha se produce la disminución progresiva de la temperatura y de la presión en el evaporador, y durante el de parada una elevación de ésta presión.

b) **Presostatos de seguridad**, presostatos de alta presión: La construcción de estos dispositivos es la misma que la de los presostatos de baja presión, aunque los resortes de regulación son más fuertes al tener que soportar presiones bastante más elevadas. Estos presostatos detienen la marcha del grupo motivados por el alza de la presión de descarga por encima de la normal, y vuelven a ponerlo en marcha cuando esta presión ha descendido a un

valor predeterminado. Su instalación se recomienda en todos los circuitos en que una alta presión anormal pondría en peligro el compresor o el motor. Son indispensables en los grupos con condensación por agua, ya que, en caso de insuficiencia o falta total de agua al condensador, la sobrepresión de descarga es de todo punto inevitable. Los filtros de agua y los condensadores obstruidos pueden disminuir esta circulación de agua.

Es de todo punto necesario también que las instalaciones funcionen a presiones de aspiración inferiores a la presión atmosférica, a fin de evitar la sobrepresión debida a la entrada de aire accidental.

- **Presostatos combinados de alta y baja presión:** Los dos dispositivos se hallan reunido, dentro de la misma caja. Sus reglajes respectivos son totalmente diferentes e independientes, aunque trabajan sobre un dispositivo común de ruptura, uno para la regulación del compresor y el otro para la seguridad. El sistema de baja presión va conectado al cárter del compresor y el de alta presión lo está con la cabeza del cilindro.



Presostato combinado

- **Presostatos diferenciales:** Estos presostatos se utilizan al mismo tiempo como presostatos de seguridad, para efectuar la parada de los compresores si la presión del aceite lubricante sigue baja, (a la puesta en marcha), o descende, (durante la marcha), por debajo de un valor, nominal fijado previamente como mínimo. En este caso, se denominan presostatos de aceite.

- **Humidostatos:** Es un mecanismo sensible a la humedad relativa y capaz de medirla enviando una señal si detecta una desviación con el punto de tarado.

VIII.4 CANALIZACIONES – CAÑERÍAS

- **Cañerías de calefacción:** Las cañerías son las canalizaciones que permiten transportar a través de un fluido, agua caliente o vapor, de la caldera a los equipos terminales las calorías requeridas por el sistema .

Las cañerías deben resistir ampliamente las presiones de trabajo, ser fáciles de trabajar, que presenten seguridades de duración y que resulten relativamente económicas. Como material tendremos el hierro negro con o sin costura, el latón, el polipropileno, y el polietileno reticulado.

- **Cañerías de Hierro negro**

Las cañerías de hierro negro fueron las que más se utilizaron en las instalaciones de calefacción por agua caliente y vapor a baja presión.

Pueden ser sin costura, de poco uso, generalmente usados cuando tengo presiones elevadas, o con costura, las que son capaces de soportar el rango de presiones usadas en calefacción.

El diámetro mínimo es de 13 mm. en adelante, pueden a su vez ser estándar o reforzada, siendo esta última la que en su momento más se recomendaba.

El montaje y unión de las cañerías se realiza de dos formas diferentes:

- a) Mediante rosca y accesorios
- b) Mediante soldadura autógena y accesorios

a) Para el trabajo de roscado se utiliza como herramienta principal la terraja, morsas y llaves especiales.

Para el tendido de las cañerías se utilizan accesorios de unión, cuplas, codos, te, bridas, etc., para que las juntas sean estancas se coloca un poco de cáñamo peinado, empastado con pintura preparada con minio y aceite de linaza. Hoy existen en el mercado pastas sellantes que resisten altas temperaturas, que reemplazan a este tipo de junta.

b) El uso de la soldadura es recomendable para cañería de diámetro mayores a las 2". La soldadura a tope es la más usada, y se realiza con autógena y como material de aporte se emplea la varilla de hierro poco carburado.

- **Cañerías de latón**

Las cañerías de latón están constituidas por una aleación de cobre y zinc.

Se distribuyen de dos formas, estándar que se unen con accesorios por soldadura y las rígidas, que tienen el espesor necesario para trabajar las uniones por roscado. Por lo general estas últimas vienen con la aislación incorporada. Cabe aclarar que la unión por soldadura tiene características especiales, ya que el material de aporte es una aleación que contiene plata o cobre. Estas cañerías dilatan mucho más que las de hierro negro.

- **Cañerías de Polipropileno**

El desarrollo de la industria, presenta en el mercado cañerías estándar de polipropileno con una cubierta aislante, la cual aumenta aún más la resistencia a la pérdida del calor.

La unión entre cañerías y cañerías-accesorios puede ser por roscado, termofusión y electrofusión.

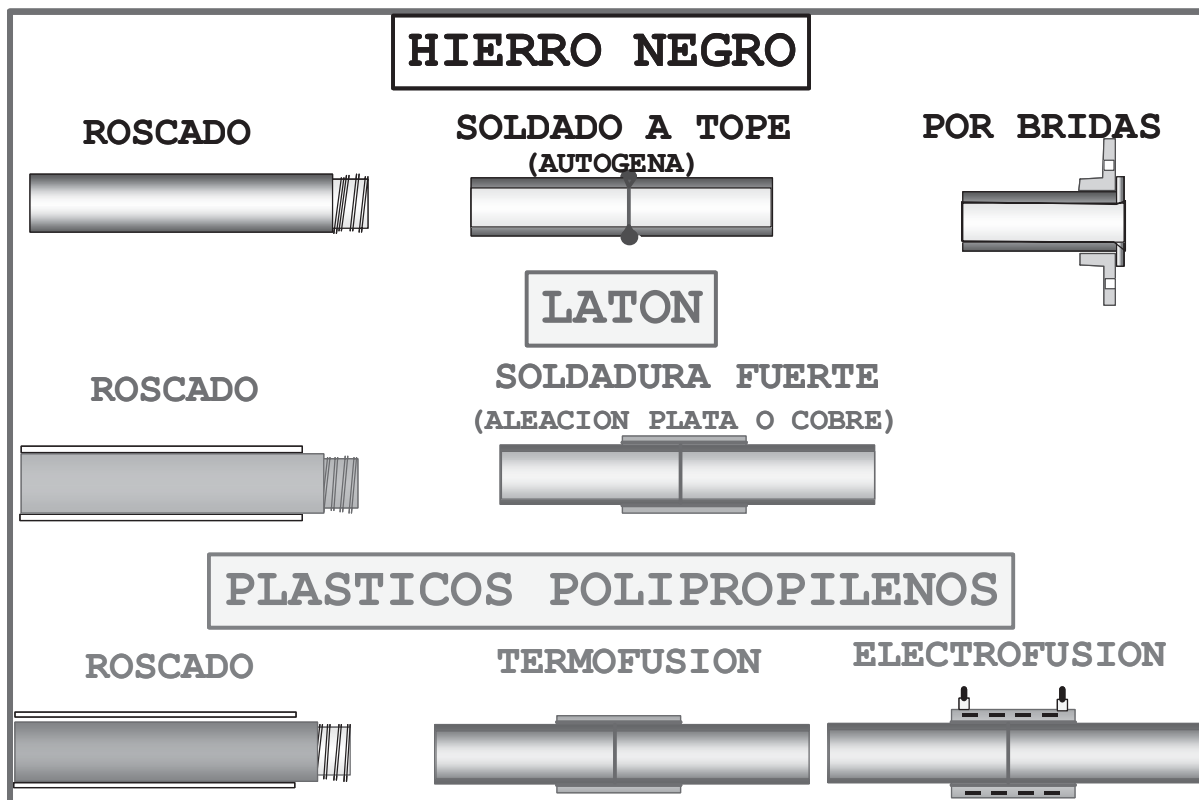
La unión por termofusión se realiza aplicando calor, mediante un dispositivo, al extremo de cañería y al accesorio a unir. Seguidamente por enchufe de ambas piezas se logra la unión.

La unión por electrofusión se realiza mediante accesorios especiales, que tiene una resistencia incorporada la cual suministra el calor necesario a las superficies, cañería-accesorio, a unir para producir la unión.



- **Cañerías de Polietileno reticulado**

El sistema denominado Wirsbo utilizado en pisos radiante, está basado en una cañería de polietileno reticulado. Esta cañería se suministra en rollos de 100 metros a fin de evitar uniones en la instalación.

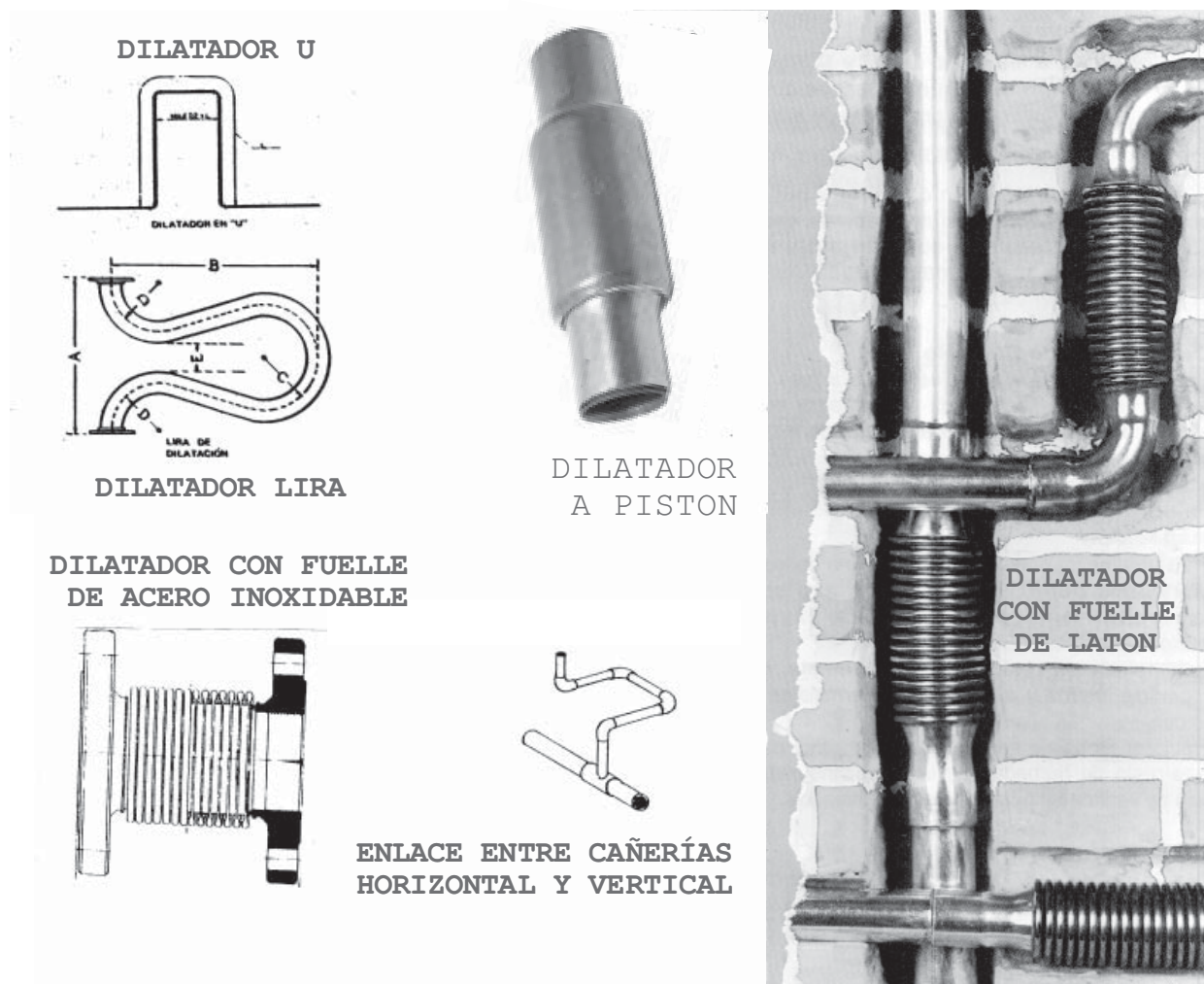


□ Dilataciones:

Las cañerías cuando son extensas, deben ser tendidas permitiendo su libre y fácil dilatación. Empleando para ello dilatadores, grapas murales o de techo, que no fijen rigidamente la cañería y además teniendo en cuenta la elasticidad de la red, ya que el tendido de las líneas de por si tiene cambios de dirección que me permiten absorber parte de la dilatación de la cañería.

Los dilatadores mas comunes en calefacción por agua caliente forzada y para vapor a baja presión son los de tipo U o lira.

El mercado ofrece amortiguadores de dilatación con fuelle de acero inoxidable y también los llamados tipo “enchufe”, este ultimo consiste en dos piezas, una interior y otra exterior, deslizándose la primera dentro de la segunda, con interposición de un prensaestopa para evitar fugas.



❑ Aislaciones de cañerías.

Las aislaciones deben realizarse en forma continua y uniforme, aún en los pases de paredes, losas o techos.

Siempre es conveniente efectuar una limpieza exterior, y de acuerdo al material de la cañería darle una protección a base de pinturas anticorrosivas.

a) Cañerías bajo tierra: Las cañerías deben alojarse en canaletas de mampostería, ventiladas y accesibles, siempre montadas sobre apoyos.

Suele utilizarse como aislante medias cañas a sección rígida de poliestireno expandido styrofoam, poliestireno autoestinguible.

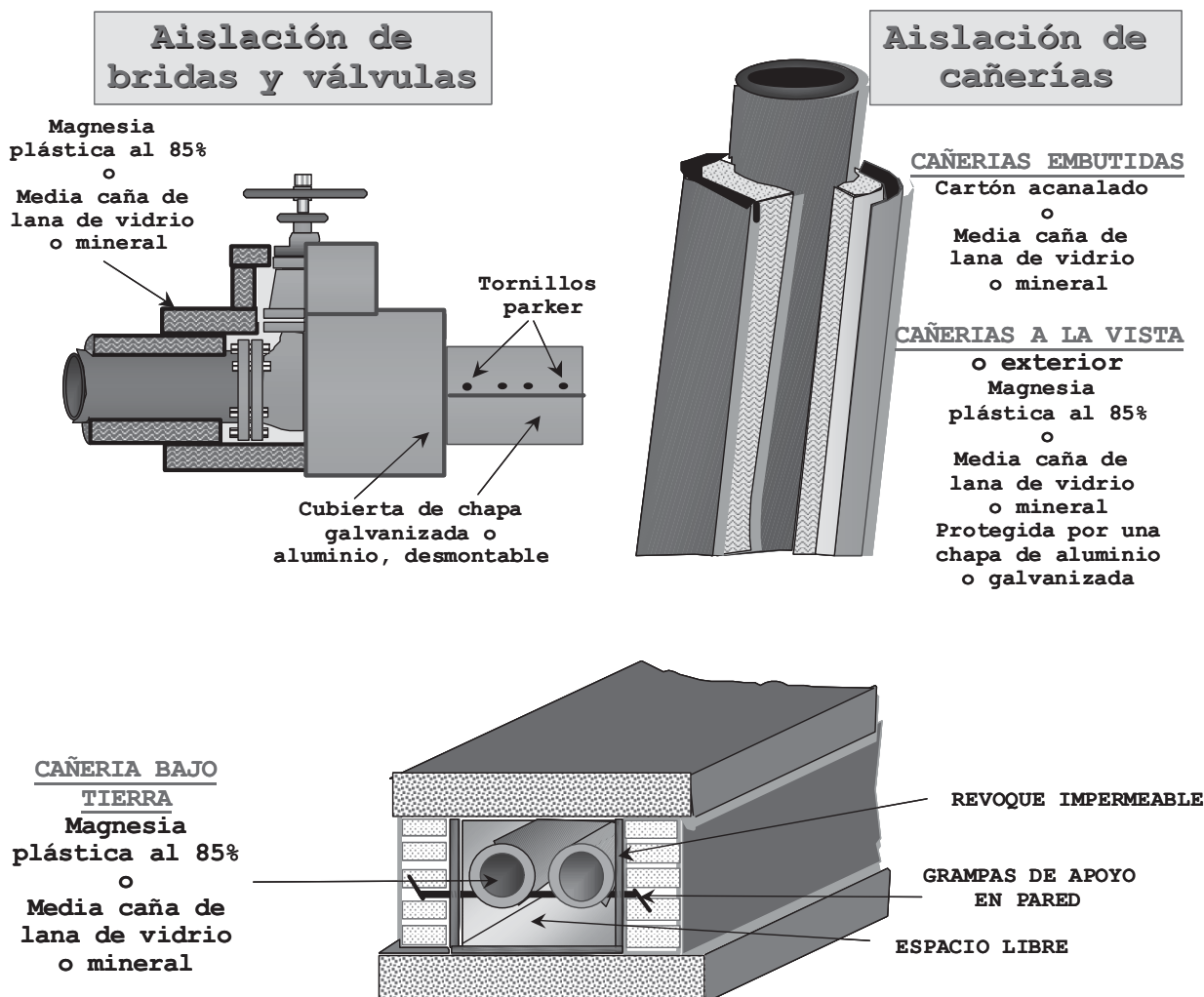
El espesor de la aislación estará en función de la pérdida por metro que hemos definido en el proyecto del sistema, siendo de uso común utilizar una aislación de 25 mm de espesor.

c) Cañerías a la vista - Cañerías embutidas:

Interior: se utiliza medias cañas de poliestireno expandido, lana de vidrio o mineral o bien medias cañas de magnesia plástica al 85 %, de 25 mm de espesor.

Exterior: son idénticas a las anteriores pero de un espesor de 50 mm como mínimo, de acuerdo a las temperaturas exteriores.

Debe protegerse también en forma mecánica cuando estén a la vista, ya sea con chapa de aluminio o galvanizada.



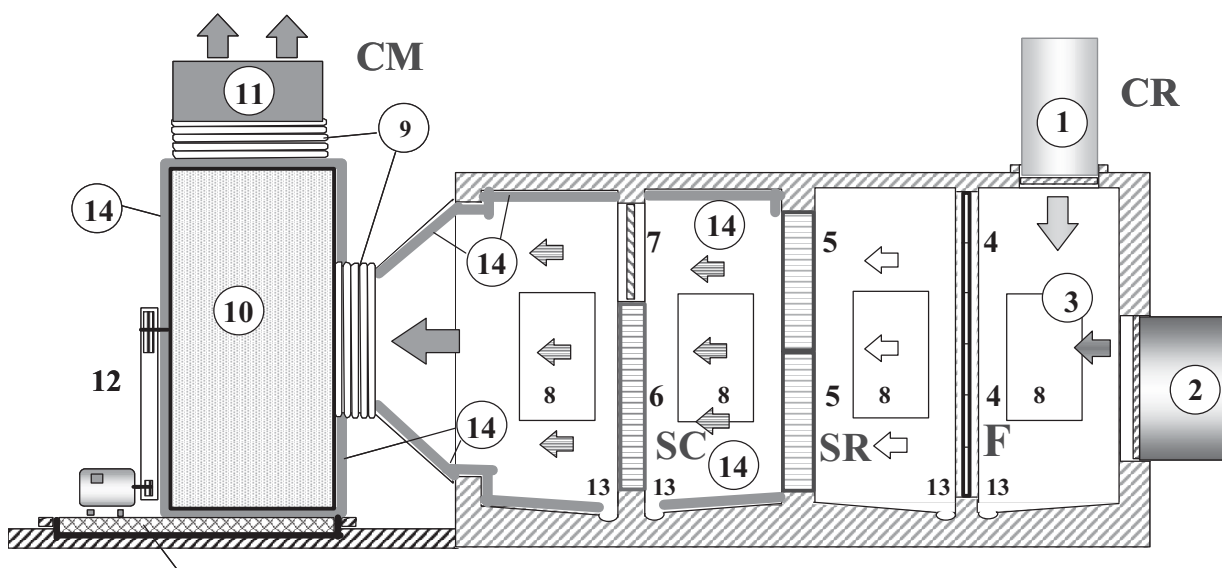
• **Cañerías de refrigerante:** Son de cobre electrolítico. La cañería de succión debe estar aislada, debiéndose intercalar en cada línea de líquido un filtro con malla de cobre. Las cañerías se unirán al compresor por medio de juntas elásticas.

VIII.5 PLANTA DE TRATAMIENTO – SISTEMA CENTRAL

Los equipos unitarios se envían desde la fábrica con todos los elementos principales del equipo incorporados en una sola unidad. Con esta disposición puede realizarse la instalación de un equipo compacto conectando simplemente los conductos y ensamblando los accesorios.

Sin embargo, en un sistema de climatización central, debe adoptarse una disposición fácilmente manejable y esmerada de todos los componentes principales del sistema, debido a que la planta debe ubicarse en la sala de máquinas y depende de la capacidad del sistema. La misma es completa en sus componentes e importante en cuanto a sus dimensiones.

Desarrollaremos la planta de tratamiento de un sistema central por ser la más representativa.

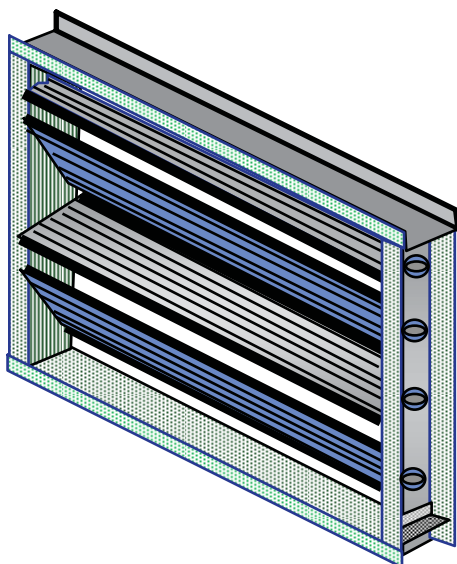


1. Conducto aire recirculado con persiana de regulación.-
2. Conducto aire exterior con persiana de regulación.-
3. Cámara de mezcla.-
4. Batería de paneles filtrantes 50x50x5 cm.-
5. Serpentinas de enfriamiento.-
6. Serpentinas de calefacción.-
7. Persiana de by-pass.-
8. Puertas de acceso 60 cm x 120 cm.-
9. Uniones flexibles.-
10. Ventilador centrífugo.-
11. Conducto aire de mando.-
12. Motor eléctrico con transmisión de correas y poleas.-
13. Desagües a pileta de piso.-
14. Aislación térmica.-

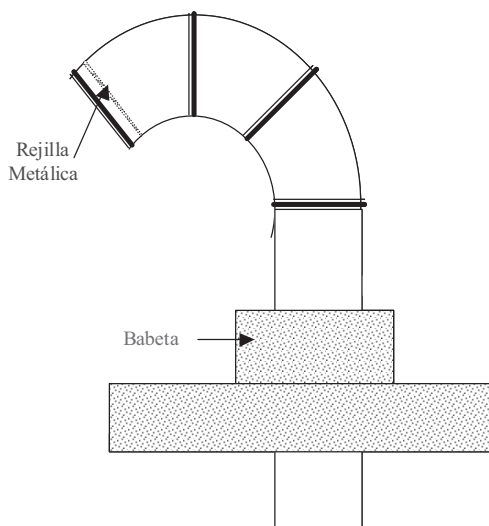
1) Rejas y persianas de aire exterior

Las persianas de aire exterior deben satisfacer los requerimientos de caudal de aire exterior del sistema de acondicionamiento. Además son utilizadas como protectoras de entrada de nieve y agua en el climatizador. Se añade una reja a fin de retener la mayoría de materias o cuerpos extraños, tales como papeles, hojas y pájaros.

La reja y la persiana se colocan por lo general por encima del techo para disminuir la aspiración de polvos y acumulación de nieve.



**Persiana de hojas opuestas
para control de caudal de aire**



**Remate exterior
conducto de aire exterior**

- **Reguladores o amortiguadores de persiana**

Se emplean para tres funciones importantes en el climatizador:

1. Controlar y mezclar aire exterior y aire de retorno.
2. Dotar de derivación o bypass al equipo de transferencia de calor.
3. Controlar los caudales de aire movidos por el ventilador.

El de acción simple se utiliza en ubicaciones que está completamente cerrado o completamente abierto. Se emplea de acción doble donde se precisa un control de caudal de aire.

Los reguladores de persianas de aire exterior y aire de retorno se colocan de modo que se obtenga una buena mezcla de las dos corrientes de aire.

2) Equipos para la purificación del aire

Reducir o eliminar el contenido de partículas sólidas o de gases indeseables contenidos en el aire a inyectar dentro del local es el fin de los equipos de purificación, y constituye una necesidad primordial de todas las instalaciones de acondicionamiento de aire o ventilación, a fin de lograr un ambiente saludable para las personas.

El aire exterior y el aire de retorno están contaminados por el polvo atmosférico, materias orgánicas, bacterias, humos, vapores, niebla, etc..

La purificación del aire comprende dos conceptos distintos:

- 1) Purificación fisicoquímica
- 2) Purificación biológica

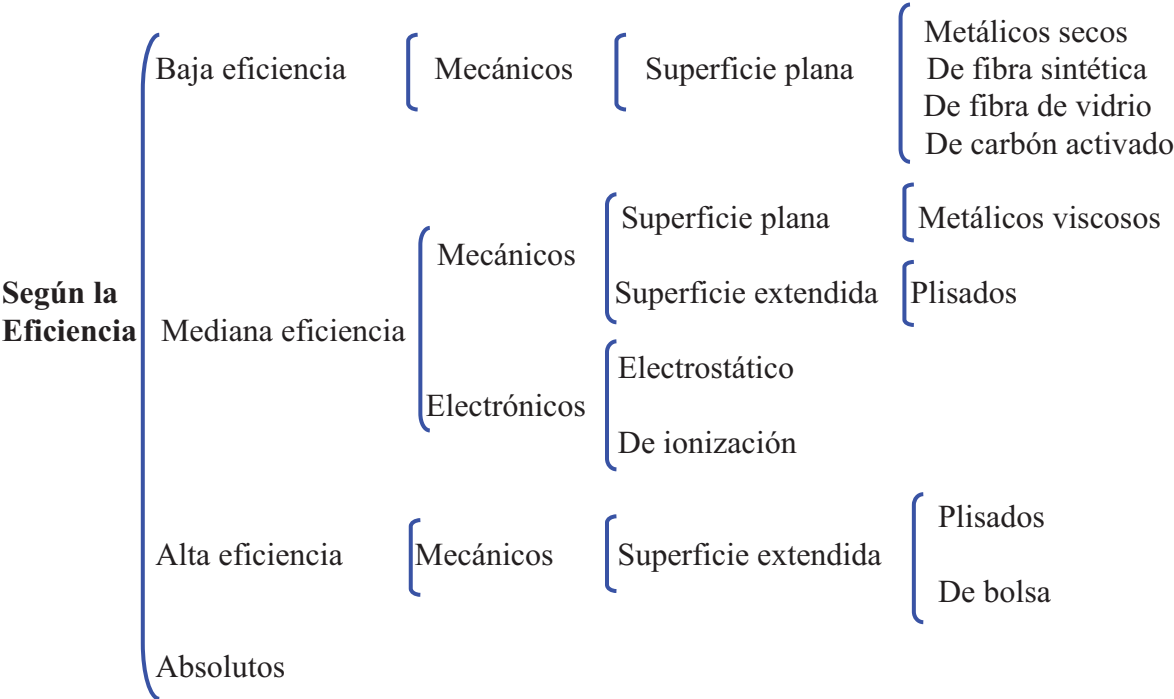
Purificación fisicoquímica: Consiste en la separación de los cuerpos extraños, como son el polvo, los residuos de combustión, gases, vapores, etc.. En un ambiente con el aire en reposo, los cuerpos sólidos que forman el polvo, debido a su densidad, se depositan en el suelo, muebles, etc.. Quedando alejados de las vías respiratorias. Si se remueve a consecuencia de la

ventilación, las partículas de polvo, humos, etc., son arrastrados alrededor de los ocupantes. De allí la necesidad de filtrar el aire, no sólo el tomado del exterior sino también el llamado aire recirculado.

Las impurezas del aire, a eliminar por los equipos de purificación, provienen entonces de :

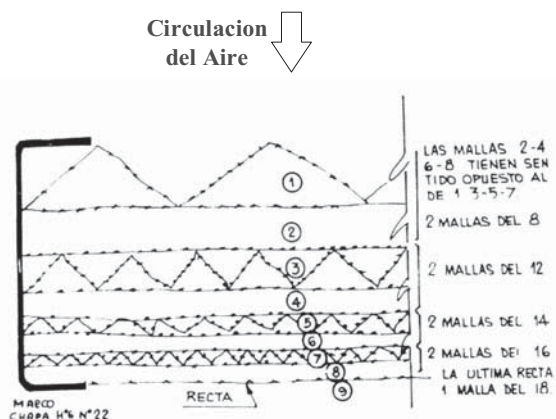
- 1) El aire exterior, lleva impurezas que varían según el lugar de la toma de aire, de su composición y del tipo y concentración de polvo atmosférico.
- 2) El aire de recirculación que contiene polvo proveniente del roce con el suelo, alfombras y ropa de vestir e impurezas como humo de tabaco, transpiración de personas, respiración, etc.

Podemos clasificarlos:

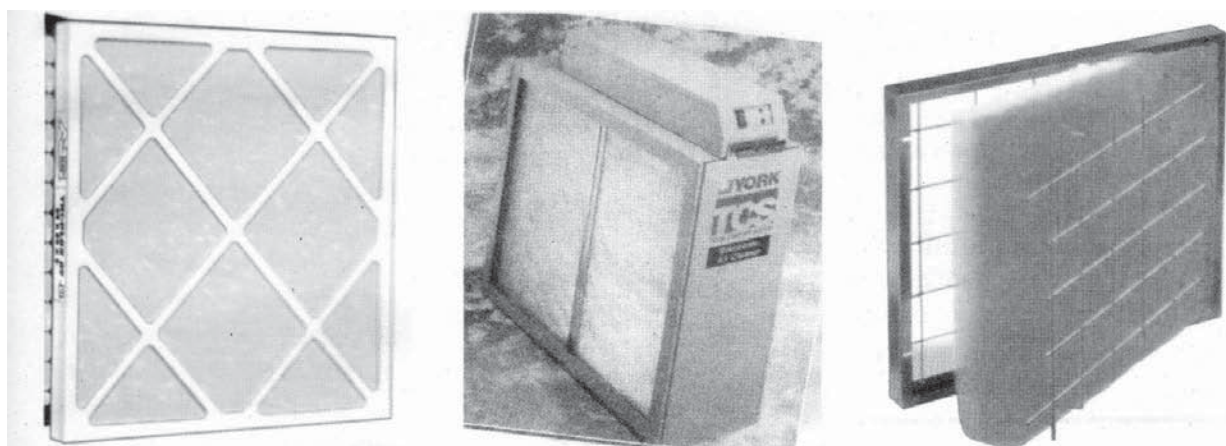


❑ Filtros de baja eficiencia

- **Filtros metálicos secos:** Este tipo de filtro esta conformado con telas de alambre galvanizadas superpuestas y onduladas. De esa manera, el aire circula cambiando continuamente de dirección, reteniéndose el polvo contenido.
El aire con contenido de polvo, para trasponer el filtro es sometido a subdivisiones de corrientes individuales y debido al efecto de inercia de las partículas de polvo, éstas no siguen la trayectoria del aire que las contiene y por lo tanto, chocan violentamente con el medio rígido donde quedan retenidas.
Por lo general además de la malla de acero se coloca como masa filtrante lana de acero, aluminio, o viruta de acero.
Este tipo de filtro permite su reutilización después de su lavado.
Su fabricación es estándar, en espesores de 25 ó 50 mm, de 50 x 50 cm, o de 50 x 60 cm.

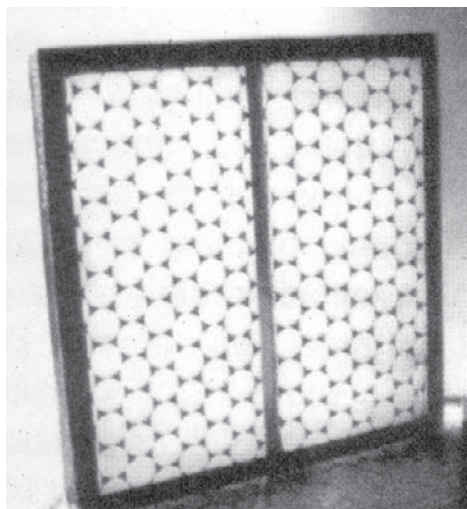


- **De fibra sintética:** Existen diferentes fibras sintéticas que se usan en este tipo de filtros, los más comunes son el poliéster, el polipropileno, el poliuretano y el nylon. Estos filtros poseen una malla que produce una carga estática autogenerada por la fricción del aire que la atraviesa, reteniendo a través de sus iones diversas partículas. Por tratarse de una tela plástica, este filtro a diferencia de otros, impide el desarrollo de bacterias en su interior. Estos filtros son lavables



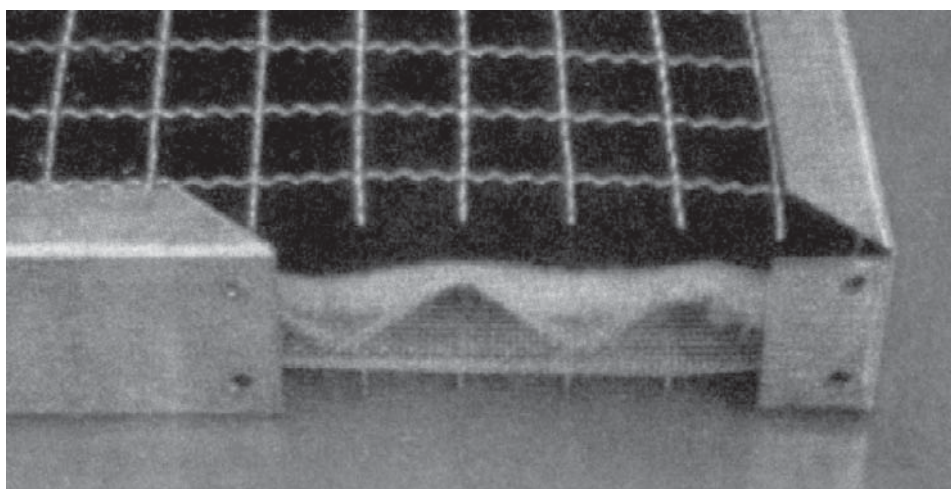
Filtros de fibra sintética

- **Filtros de lana de vidrio:** Están constituidos por fibra de vidrio largas y continuas, unidas por una resina especial, aumentando la densidad del material en el sentido de la corriente del aire, desde la entrada a la salida del aire. Por lo general la fibra de vidrio esta contenida por un marco de cartón, chapa de hierro o de aluminio, y con dos chapas de metal perforado para darle rigidez al mismo. La estructura laberíntica de densidad progresiva hace que las partículas más gruesas queden retenidas en la superficie y las más finas dentro de su profundidad, originándose un filtrado uniforme y prolongando su vida útil del filtro, el que en este caso es descartable. Eliminan el trabajo de mantenimiento, pues son recambiables y son construidos en medidas estándar 50x50x5 cm, 50x60x5 cm, 40x50x5 cm.



Filtro de lana de vidrio

- **Filtros de carbon activado:** Se utilizan cuando se requiere filtrar aromas o sustancias volátiles, vapores de ácidos, adhesivos, monóxido de carbono, nicotina, etc.. Están compuestos por una placa de acetato en fibra de carbón activado granulado dentro de él. La placa está protegida por dos mallas de alambre, con marco de chapa galvanizada. Cuando la placa de acetato está saturada se remueve y se coloca una nueva.



Filtro de carbón activado

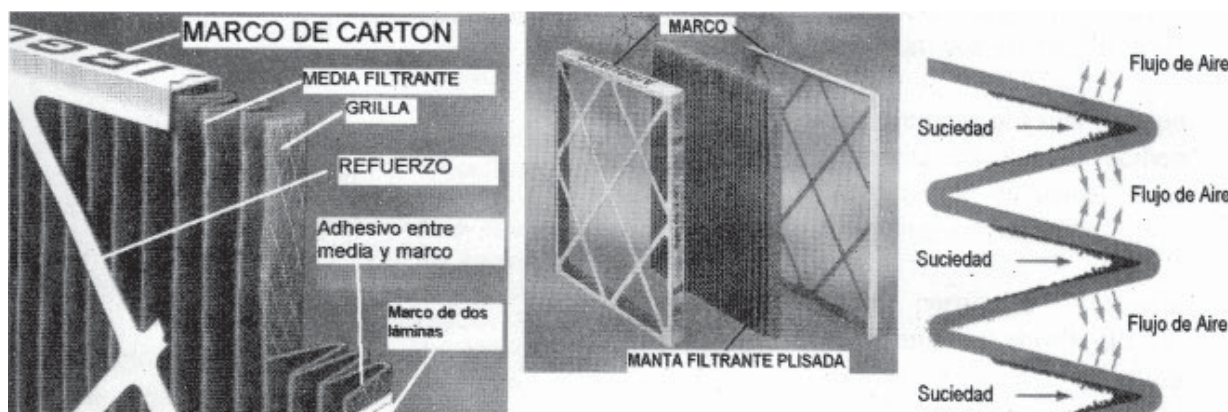
□ **Filtros de mediana eficiencia**

Son más efectivos que los filtros de baja eficiencia pero también son más caros. Pueden remover partículas muy pequeñas que requieren de un microscopio para ser individualizadas, como polen, polvo, esporas de plantas, grasa de cocina y algo de humo de tabaco.

- **Metálicos viscosos:** Están conformados igual que el metálico seco a diferencia que la tela de alambre está revestida con una sustancia viscosa, aceite o grasa. Cuando a través del filtro cambian "bruscamente de dirección los distintos flujos de aire en que se ha dividido la corriente principal, las partículas contaminadoras chocan con el medio filtrante y quedan adheridos en él. Este tipo de filtro es lavable y se lo vuelve a impregnar con la sustancia viscosa y adhesiva.

- **Plisados:** Para obtener un área relativamente grande con respecto al área de la sección transversal el medio filtrante se lo dobla forma de acordeón. El filtrante lo constituyen fibras de algodón reforzadas con fibras de poliéster no tejidas unidas entre sí por medio de un polímero ligante, y está tratado con un aditivo retardador de combustión. Todo el conjunto posee un marco de cartón duro o de chapa galvanizada. Tiene refuerzos diagonales en las dos de sus caras para asegurar la rigidez estructural necesaria para, soportar el manipuleo durante las tareas de montaje y evitar deformaciones bajo la acción del ventilador durante el proceso de saturación del filtro.

Están disponibles en tres espesores diferentes: 25 mm, 51 mm y 102 mm en una amplia gama de medidas estándar.

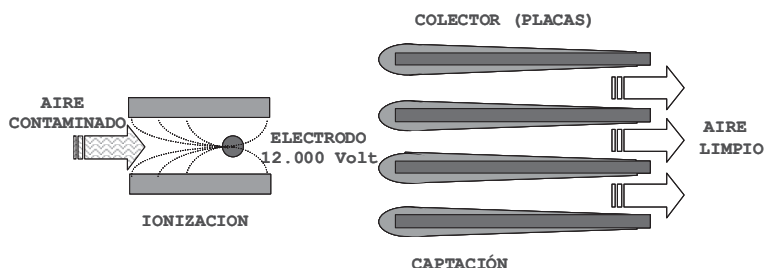


Filtro plisado de fibra de algodón

- **Filtros electrónicos:** Los del tipo electrónico son también llamados precipitadores. Hay dos tipos diferentes: electrostáticos y de ionización. Atraen y retienen partículas como si fuesen un poderoso imán. Se basan en el principio de atracción de cargas opuestas.

Los filtros electrostáticos se componen de un filtro de panel con un medio filtrante cargado electrostáticamente. Se combinan principios de la precipitación electrónica y filtro mecánico seco.

Los filtros de ionización, también llamados lavadores de aire, las partículas contaminantes se ionizan al pasar el aire a través de un campo eléctrico. El aire pasa por una sección de ionización donde reciben una carga eléctrica y se cargan eléctricamente. Las partículas cargadas continúan a través de las celdas al área colectora donde son atraídas por una serie de placas de sedimento cuya carga es de signo opuesto. Los contaminantes son retenidos en esta sección hasta que son removidos mediante un lavado.



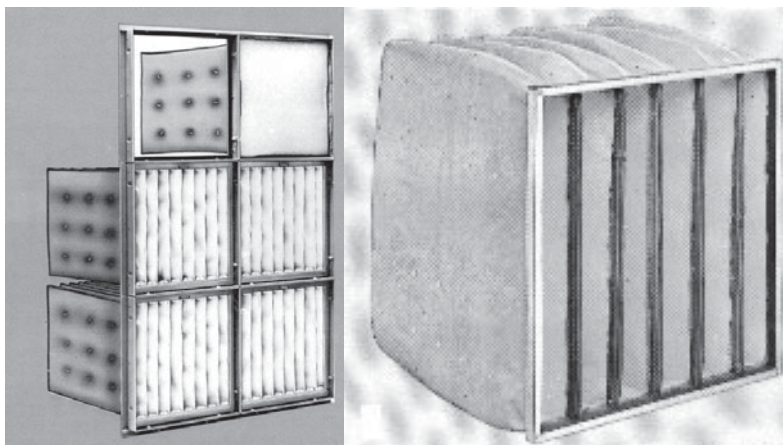
❑ Filtros de alta eficiencia

Son filtros mecánicos de superficie extendida.

- **Plisados rígidos:** Son filtros descartables de construcción totalmente rígida. El medio filtrante es microfibras de polipropileno de densidad progresiva. El medio filtrante está soportado en toda su superficie por una malla de metal de aluminio, con un área abierta del 90%, que le brinda un sólido respaldo mecánico. Tiene un plisado radial con estabilizadores de contorno, ofreciendo una superficie de filtración 14 veces superior respecto al área frontal. El marco está realizado en chapa galvanizada.

Hay un producto nuevo que se diferencia porque el soporte del medio filtrante es de polipropileno extruído con técnica de plisado mini pleat y marco perimetral de polipropileno laminado, totalmente sellado al medio filtrante.

- **De bolsa:** Se lo denomina de esta manera porque está formado por varias bolsas agrupadas por un marco. El medio filtrante está compuesto por microfibras de polipropileno de densidad progresiva formando por lo común bolsas iguales, vinculadas por un marco metálico de chapa galvanizada en la cara de ingreso de aire. Cada bolsa con separadores que permiten el máximo aprovechamiento de la superficie de filtración cada una de las bolsas es inflada completamente al pasar el aire ya que hay suficiente separación entre cada una de ellas.



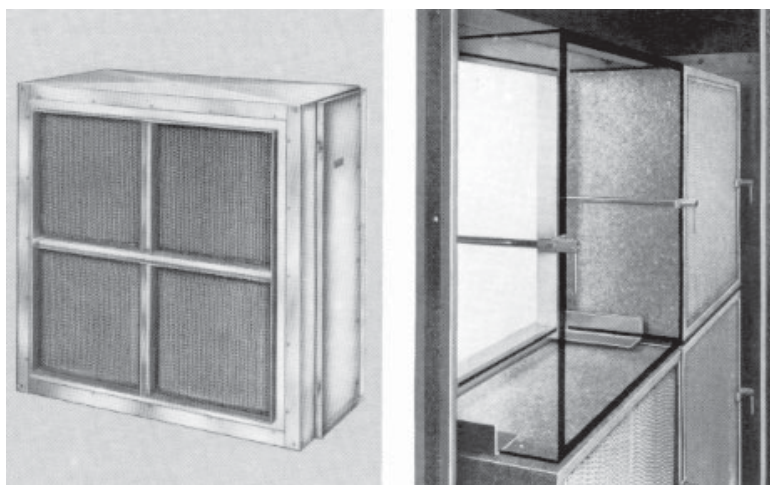
Panel de filtros de bolsa - filtro de bolsa

❑ Filtros absolutos

Son más efectivos que los filtros de alta eficiencia pero también son los más caros. Tienen un 99,97% de efectividad en retención de partículas de hasta un diámetro de 0,3 micrones.

Para tener una idea aproximada de la capacidad limpiante del aire que tienen estos filtros, tengamos en cuenta que un cubo de aproximadamente 30 cm de lado de aire atmosférico sin tratar, posee aproximadamente 10 millones de partículas, mientras que en un área limpia, con aire filtrado con un filtro absoluto posee aproximadamente 3.000 partículas.

El medio filtrante está constituido por una extrafina microfibras de vidrio resistente a 100 % de humedad. Tiene un marco metálico construido en chapa galvanizada calibre 16.



Filtro absoluto

□ **Selección de filtros:** La ubicación de los filtros, dentro de la cámara de tratamiento, es antes de que el aire atraviese el equipo de acondicionamiento. Sirviendo entonces para limpiar el aire y conservar limpio el equipo.

Si la limitación de espacio para ubicar la planta es grande, se suele disponer los paneles en forma de V o W, para alcanzar la superficie de filtrado requerida.

La disposición correcta del aire en la batería de filtro es de gran importancia. Su mala distribución provocará excesiva velocidad del aire en algunos filtros, causando desigual suciedad en ellos, aumentando innecesariamente la potencia requerida para el ventilador.

La resistencia de los filtros, a la velocidad considerada anteriormente, alcanza para los filtros metálicos o de lana de vidrio estándar a unos 5 a 10 mm de columna de agua de pérdida de presión para filtros limpios, pero crece bastante rápidamente en función de la suciedad.

Para seleccionar el filtro que más se adecue a las necesidades, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Eficiencia
- Velocidad del aire
- Caída de presión originada por el filtro

La eficiencia es la capacidad para remover la mayor cantidad de partículas de la vena de aire y constituye el factor más importante para la selección de los filtros.

La caída de presión es la diferencia en la presión del aire en ambos lados del filtro debido a la resistencia que ofrece al paso de la vena de aire. Se la mide en pascales (Pa) o en milímetros de columna de agua, (mmca). Cuanto más cerrado es el espacio entre las fibras, mayor el grosor del medio filtrante, mayor será la caída de presión. Cuánto mayor es la caída de presión, mayor es la cantidad de energía se requiere para poder atravesar el filtro, por eso es necesario verificar que el ventilador del equipo sea capaz de vencer dicha resistencia, caso contrario es necesario colocar ventiladores especiales.

La velocidad del aire en los filtros por lo general, no debe superar los 100 metros por minuto para reducir la caída de presión y, además, evitar un rápido ensuciamiento. Esta velocidad es la más baja del sistema, por ello los filtros se montan formando baterías o paneles para tener la superficie filtrante necesaria.

Hay filtros para alta velocidad de aire (160 m/min) que resuelven situaciones específicas.-

TABLA PARA SELECCIONAR EL FILTRO MÁS ADECUADO -(Valores orientativos)

| USOS | FILTRO | REEMPLAZO | RETENCIÓN | EFICIENCIA | DOP |
|--|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------|
| Grasa | Metálico seco | Lavable | 60 % a 70 % | Menor al 20 % | |
| | Metálico viscoso | Lavable | 65 % a 90 % | Menor al 20 % | |
| Polvo | Metálico seco | Lavable | 60 % a 70 % | Menor al 20 % | |
| | Metálico viscoso | Lavable | 65 % a 90 % | Menor al 20 % | |
| | De fibra sintética | Descartable | 65 % a 90 % | Menor al 20 % | |
| | De fibra de vidrio | Descartable | 65 % a 80 % | Menor al 20 % | |
| Aromas | De carbón activado | Descartable | 70% | 25%a 30 % | |
| Instalaciones de calidad, Auditorios, Centrales telefonicas, Salas de radidifusión, Ventilación industrial.- | Plisados Lavadores de aire | Descartable Lavable | Mayor a 90 % 90 % a 95 % | 25 % A 40 % 85 % a 90 % | |
| Salas de tableros, Laboratorios, Hospitales, Plantas de procesamiento de alimentos.- | De bolsa | Descartable | 97 % a 99 % | 60 % a 95 % | |
| VAV, Laboratorios, Hospitales, Plantas de procesamiento de alimentos.- | Plisados | Descartable | 97 % a 99 % | 60 % a 95 % | |
| Instalaciones de muy alta calidad, Industria electronica, Industria informatica, Laboratorios farmaceuticos, Quirofanos, Áreas limpias.- | Absolutos | Descartable | | | 99,99% |

| | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|--------|
| CONTAMINANTES | | | | PERCEPTIBLES A SIMPLE VISTA | | | |
| | IMPUREZA SUSPENDIDA | | IMPUREZA DEPOSITADA | | POLVO INDUSTRIAL PESADO | | |
| | NUCLEOS DE SAL MARINA | | | | | | |
| | HUMOS GRASIENTOS | | | | | | |
| | HUMO DE TABACO | | | | | | |
| | VAPORES O VAHOS | | MOHOS | | VAPORES DE PETROLEO | | |
| | VIRUS | | BACTERIAS | | POLEN | | |
| | | | PART - NOCIVAS PARA PULMONES | | | | |
| | | | POLVO | | | | |
| | | | CENIZA MUY FINA | | | ARENA | |
| FILTROS | | | | | | | |
| | FILTRO SECO | | | | | | |
| | ALTO RENDIMIENTO | | BUEN RENDIMIENTO | | RENDIMIENTO MEDIO | | |
| | ELECTROSTATICO | | | IMPREGNACION VISCOSA | | | |
| | | | | | | | |
| TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN MICRAS | 0,01 | 0,1 | 1 | 10 | 100 | 1.000 | 10.000 |
| | Visible con microscopio electrónico | Visible con microscopio | | | Visibles a simple vista | | |

- ❑ **Purificación biológica del aire:** La mayor parte de los gérmenes microbianos residen en el polvo y las vesículas acuosas en suspensión. Además, la temperatura y la humedad contribuyen al rápido desarrollo de los gérmenes.
- La luz ultravioleta previene el crecimiento de microorganismos en serpentinas, bandejas de desagüe, plenos filtros, y mata bacterias hongos y virus.
- Los procedimientos empleados para la purificación fisicoquimicos antes mencionados, contribuyen a reducir la presencia de los gérmenes microbianos, que junto con el control de la humedad y la temperatura permitirá lograr la purificación biológica completa.

3) Dispositivos de calefacción

Tienen por objeto calentar el aire mediante convección forzada. Los medios que se incluyen son agua caliente, vapor de agua, llama de gas y electricidad.

❑ Serpentes o baterías calefactoras:

Se utilizan para precalentamiento, para atemperación o para recalentamiento.

Baterías de precalentamiento: Se recomienda el uso de baterías anticongelantes para precalentamiento, cuando sea probable que la temperatura del aire llegue al punto de congelación. Se la coloca donde la cantidad de aire exterior tratado es mínima.

Baterías de recalentamiento: Son baterías que se proveen para las cargas extras que puedan aparecer, generalmente en las primeras horas de la mañana. Se las dimensiona con un factor de seguridad de 15 al 25 %.

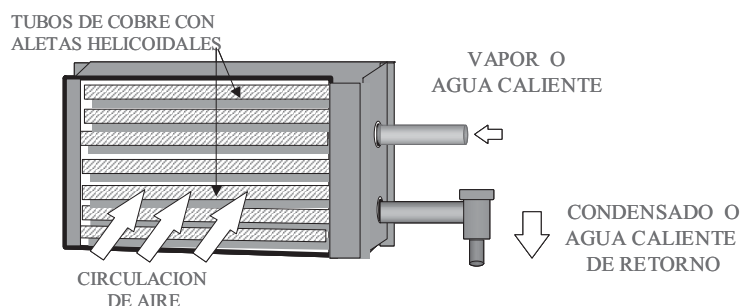
La velocidad de circulación del aire a través de la batería se determina por medio del caudal del aire a calentar y el diámetro de la serpentina. Asimismo puede determinarse el diámetro por las limitaciones de espacio o por la velocidad límite recomendada de 2,5 a 4 m/s.

El número de filas y el espacio entre aletas está determinado por el incremento de temperatura necesario, salto térmico. Los datos del fabricante indican las pérdidas de presión y las capacidades para facilitar su selección.

Las baterías o Serpentes de agua caliente o de vapor a baja presión: Se componen de una serie de tubos unidos a colectores comunes montados dentro de una caja metálica. Para favorecer la transferencia del calor se fijan a los tubos aletas planas o en espiral. La tubería puede ser de cobre con aletas de cobre o aluminio.

Las baterías o serpentes pueden ser de una o dos filas de tubos, pocas veces se requiere más de dos filas.

Las baterías de vapor deben ser instaladas de modo que haya una distancia mínima de 45 cm entre la salida del condensado y el suelo, para permitir la instalación de trampas y tuberías de condensado.



❑ **Calentadores eléctricos:** Los calentadores eléctricos se fabrican en los tipos abiertos y tubular con aletas.

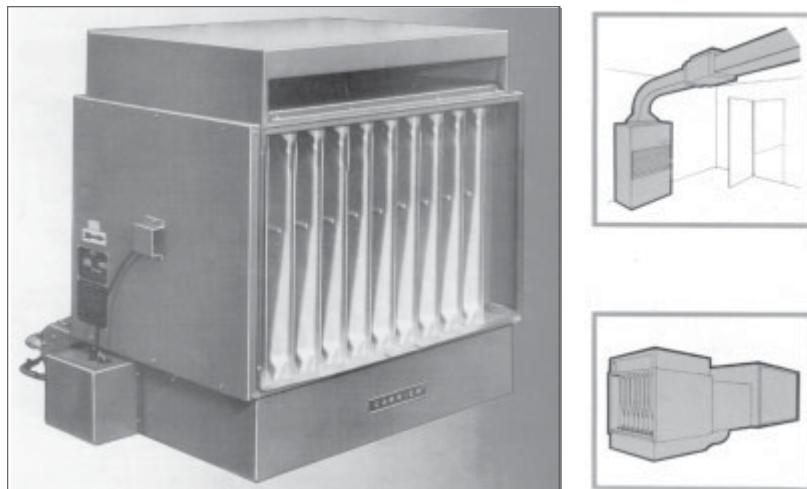
El tipo abierto se compone de una serie de bobinas de resistencia eléctrica montadas sobre un bastidor metálico y expuesto directamente a la corriente de aire.

El tipo de calentador tubular con aletas está constituido por tubos de acero revestidos de material refractario sobre el que se arrolla un hilo de resistencia.

En la Argentina no se los utiliza, dado que el costo del consumo eléctrico es elevado.

❑ **Calentadores de gas combustible:** Se ensamblan generalmente en conductos de aire y en algunas unidades de acondicionamiento de aire.

El equipo se compone de un quemador a gas, un intercambiador de calor, una cámara de pleno y los mandos o controles. Se puede utilizar gas natural o envasado.



4) Dispositivo de refrigeración – Evaporadores - (Batería o Serpentina enfriadora):

Las baterías de refrigeración se utilizan para preenfriamiento, refrigeración y deshumectación, o para postenfriamiento del aire a inyectar al local.

El tema fue analizado como evaporadores de la planta térmica. Recordemos que si son de expansión indirecta generalmente la batería de refrigeración enfria agua y esta a su vez enfria el fluido a enfriar y si son de expansión directa la batería de refrigeración enfria el fluido a enfriar.

5) Humidificadores y Separadores de gotas - Rociadores y Eliminadores:

La humectación es necesaria realizarla en invierno. Pero en confort la humedad relativa de los locales difícilmente sea menor del 30 %, límite mínimo desde el punto de vista fisiológico para tener una sensación de bienestar. Se debe a que hay una ganancia permanente de humedad producida por las personas que ocupan el espacio acondicionado. En zonas de climas muy secos o en aquellos casos en que se quiere mantener una condición de humedad controlada, ya sea para el desarrollo de determinados procesos industriales o características particulares de locales, se debe emplear un sistema humectación.

Para lo cual se usan distintos métodos entre los que se mencionan:

- **Humidificadores de bandeja con serpentín de calentamiento:** Están constituidos por una bandeja llena de agua provista de resistencias eléctricas o un serpentín de vapor para su evaporación y de un dispositivo de flotador que controla el nivel reintegrando el agua evaporada.
- **Humidificadores de vapor:** El vapor se introduce en este caso directamente en el flujo de aire por medio de un tubo perforado revestido, por ejemplo, de amianto. Permiten una regulación de la humedad relativa segura y reaccionan rápidamente ante cualquier variación de carga. También éstos se montan, por lo general, después de la batería de calefacción.
- **Humidificadores de pulverización:** Este modelo es el más utilizado en los procesos destinados al acondicionamiento de confort.

Se alimentan, por lo general, directamente de agua de la red y se instalan delante de la batería de refrigeración que deberá construirse con tubos y aletas de cobre para evitar cualquier posible fenómeno de corrosión electrolítica.

Consiste en una cámara o cabina de chapa de hierro galvanizado por la cual circula el aire, que pasa por una fina lluvia de agua pulverizada a contracorriente produciéndose la incorporación de la humedad.

El sistema funciona comandado por un humidistato que se ubica en el retorno del aire recirculado y que censa su contenido de humedad. Si es necesario agregar humedad pone en funcionamiento la bomba circuladora (pueden ser dos en by-pass), que es la que producen la recirculación del agua. Debe proveerse con flotante para satisfacer las necesidades de agua de reposición.

- **Humidificadores de filtro húmedo:** En este tipo de humectador el procedimiento consiste en hacer circular el aire a través de un filtro metálico embebido en agua. De esa manera, el aire adquiere la humedad necesaria.

Los separadores de gota se montan a continuación de las cámaras de pulverización a fin de evitar que entre agua mezclada con aire en el sistema de conductos.

- **Bypass del aire** - Conductos de paso o derivación: El bypass del aire se emplea con dos propósitos:

- 1) Intensificar la circulación de aire en el espacio acondicionado.
- 2) Controlar la temperatura del aire a la salida

Se utiliza un bypass fijo cuando es necesario intensificar la circulación del aire. Permite que el aire de retorno pase por el ventilador sin pasar por un elemento de intercambio de calor.

Evitándose el estancamiento del aire en el espacio acondicionado y mantiene un aceptable factor de circulación.

6) Ventiladores

Al circular el aire en un conducto o una red de conductos se genera una pérdida de energía continua, debida al rozamiento, elementos particulares, filtros, codos, derivaciones, etc., y la turbulencia. El ventilador debe compensar dichas pérdidas de manera que el movimiento del aire se mantenga.

Además, se precisan elementos de aspiración e impulsión correctamente proyectados para obtener el rendimiento nominal del ventilador y aminorar en lo posible la generación de ruidos.

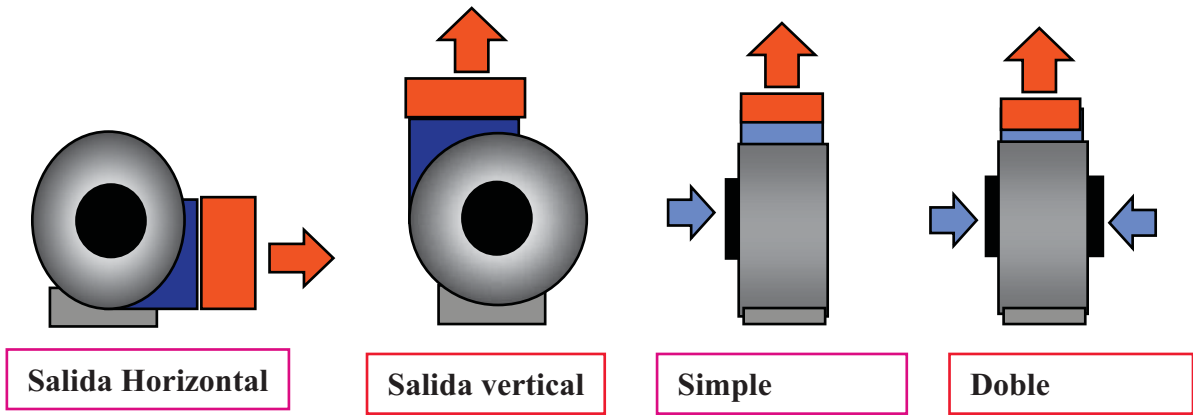
Se los clasifica en:

- 1) **Centrífugos**, en los cuales el aire circula radialmente a través del rotor, incluido en un envoltente.

- 2) **Axiales**, en los que el aire circula axialmente a través del rotor. Se los suele llamar helicoidales porque el flujo de salida tiene una trayectoria helicoidal.

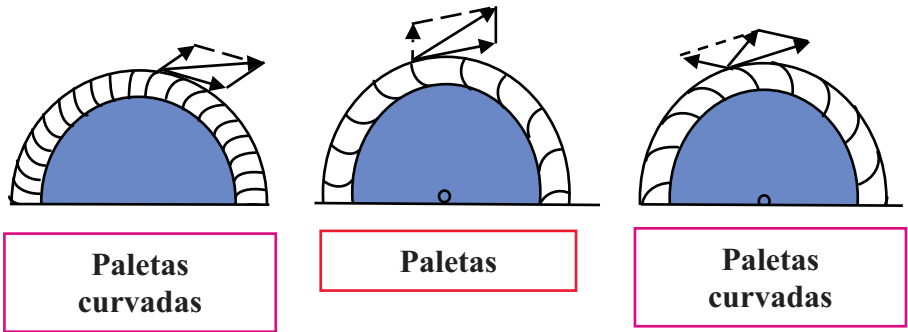
- 1) **Ventilador centrífugo:** La transmisión del ventilador puede ser directa o por correa. Puede ser de simple entrada de aire o de doble entrada. En tamaños más grandes resultan más económicos los de doble entrada.

Los de simple entrada se colocan fuera de la cabina acondicionadora, mientras que los de doble entrada se ubican dentro del recinto de tratamiento.



Para evitar la transmisión de vibraciones, la unión del ventilador con el conducto principal debe efectuarse mediante junta de lona o plástico.

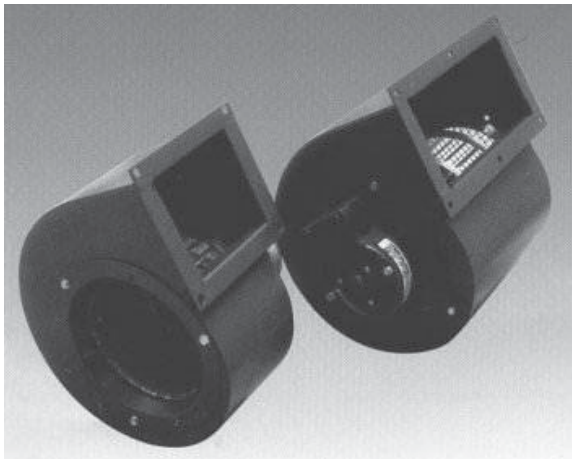
La inclinación de las paletas del rotor de los ventiladores centrífugos pueden ser, curvadas hacia adelante, radiales, y curvadas hacia atrás.



- **Palas curvadas hacia adelante:** Se los denomina comúnmente “Multipalas” porque esta constituido por paletas angostas, curvadas hacia adelante. La potencia aumenta con el caudal de aire. Debemos ser precisos en el dimensionamiento del ventilador, evitando sobredimensionarlo, dado que si la contrapresión del sistema de aire acondicionado es menor que la calculada, la potencia absorbida por el motor sube rápidamente. Funciona a velocidad relativamente baja en comparación con los de otros tipos, resultando ser un ventilador más silencioso y más pequeño, para el mismo caudal de de aire de impulsión.



Rotores palas curvada hacia delante



Ventiladores multipalas

Por estas características es apto para unidades compactas, ventana, autocontenidos, equipos separados, ventilador-serpentina, etc..

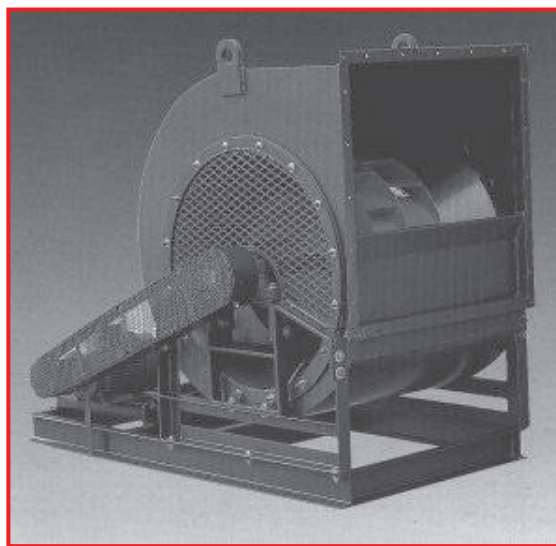
- **Palas curvadas hacia atrás:** Las paletas están inclinadas hacia atrás respecto de la dirección del movimiento.



Rotores palas curvadas hacia atrás



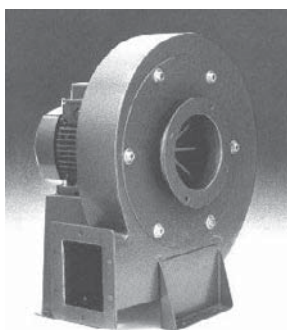
**Ventilador Centrífugo - Palas hacia atrás
Simple Entrada**



**Ventilador Centrífugo - Palas hacia atrás
Doble Entrada**

De mayor rendimiento que los de otro tipo. Tienen menor variación del volumen de aire para cualquier variación de presión del sistema. Estos ventiladores se utilizan en sistemas centrales. Tienen la desventaja de ser muy ruidosos.

- **Palas radiales:** Se limpia por sí mismo. Se proyectan para altas velocidades y presiones. La potencia aumenta con el caudal casi proporcionalmente. Las características de rendimiento, velocidad y caudal son intermedias entre los ventiladores de aletas curvadas hacia delante y curvadas hacia atrás.



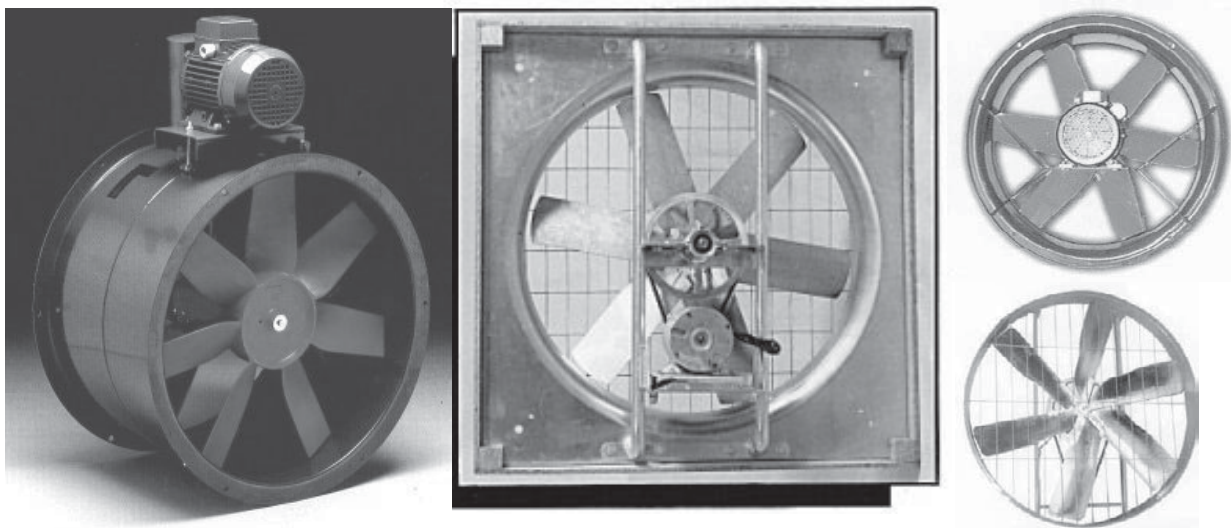
Ventiladores centrífugos con paletas radiales

❑ **Ventiladores axiales:** Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección de sus ejes.

Son ventiladores aptos para mover grandes caudales a bajas presiones, obteniéndose en estos casos los mejores rendimientos.

No están preparados para vencer elevadas presiones, requiriendo para ello velocidades periféricas altas, que los hace sumamente ruidosos, con bajo rendimiento.

Se los utiliza en los sistemas de ventilación, y en los unidades condensadoras de aire.



❑ **Criterio de selección de ventiladores:** Los factores que intervienen en la elección del ventilador son:

- Caudal: es la cantidad de aire que lo atraviesa en la unidad de tiempo en m^3/min .
- Presión estática: se expresa generalmente en mm de c.a.. Es la pérdida de presión que debe compensar el ventilador.
- Densidad del aire: cuando es diferente al normal.
- Nivel de ruido aceptable: Aceptado en el local acondicionado según el uso y la naturaleza de la carga, Establecido por norma.
- Factor económico: tamaño, clase de construcción, con nivel de ruido y rendimiento aceptable.

Los ventiladores axiales, son adecuados para vencer presiones inferiores a los 10 mm de c.a. y son aptos para mover grandes caudales de aire.

Los ventiladores centrífugos se utilizan en instalaciones de acondicionamiento de baja presión, hasta 100 mm c.a.. Si se elige un centrífugo y se requiere bajo nivel de ruidos se utilizara el de palas hacia adelante.

No obstante si el nivel de ruido se amortigua por algún medio y el proyecto lo permitiera es conveniente elegir el ventilador centrífugo de palas hacia atrás o radiales, pues tienen una característica constante de potencia en función del caudal.

Los ventiladores situados en sótanos requieren un aislamiento antivibratorio, siendo satisfactorios los aislamientos de caucho o de corcho. Cuando se sitúan en plantas superiores, se recomienda construir bases con montaje de muelles diseñados para absorber las frecuencias propias bajas.

7) Carcaza de la cámara de acondicionamiento

La carcaza de los climatizadores centrales debe ser diseñada de modo que evite toda restricción en la corriente de aire, además de evitar su fuga. Debiendo tener la resistencia adecuada para prevenir roturas o deformaciones durante condiciones de funcionamiento máxima.

Se las construye en chapa de acero o aluminio, también se las ejecuta en mampostería.

Para el mantenimiento el climatizador requiere que esté iluminado y pueda limpiarse fácilmente. Las luces deben ser estancas de tipo marino.

Como regla general, debe haber desagües donde se presume que se acumule agua, ya sea durante el funcionamiento normal del equipo, como en las operaciones de mantenimiento, por ejemplo:

- 1 - En la cámara inmediatamente después de la persiana de aire exterior donde puede acumularse el agua de lluvia o la nieve.
- 2 - Antes y después de los filtros que deben lavarse periódicamente.
- 3 - Antes y después de las baterías de calefacción o refrigeración que deben limpiarse periódicamente.
- 4 - Antes y después de separadores de gotas por causa de retrocedimientos y escapes debido a corriente de aire anormales.

Los desagües no deben estar conectados directamente a cloacas.

Habrá fácil acceso a las baterías de calefacción, refrigeración, purgadores de vapor, filtros, motor del ventilador, ventiladores y componentes similares.

Se deben colocar puertas de acceso para las operaciones de mantenimiento, que se abren hacia afuera y están burleteadas, la dimensión normal de las puertas de acceso es de 150x60 cm.

Cabe aclarar que la ubicación de la cámara de tratamiento debe permitir desmontar las baterías directamente.

Por ultimo diremos que debe aislarse térmicamente, la cámara a partir de que el aire a sido tratado.

VIII.6 CANALIZACIONES – RED DE CONDUCTOS – CONDUCTOS

❑ **Red de conductos:** La misión de una red de Conductos es transportar el aire desde la planta de tratamiento a los locales a acondicionar, conductos de alimentación o de mando, y retornar el aire desde los ambientes acondicionados a la planta de tratamiento, conductos de retorno.-

Para la construcción de una red de conductos, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- **Materiales**
- **Uniones**
- **Aislaciones**

• **Materiales:** Los materiales más utilizados son por orden de importancia, chapa de hierro galvanizado, fibra de vidrio, mampostería y chapa de aluminio.

Conducto chapa de hierro galvanizado: Los conductos de chapa de hierro galvanizada es el más utilizado, ya que aun condiciones técnicas-económicas son las más adecuadas.-

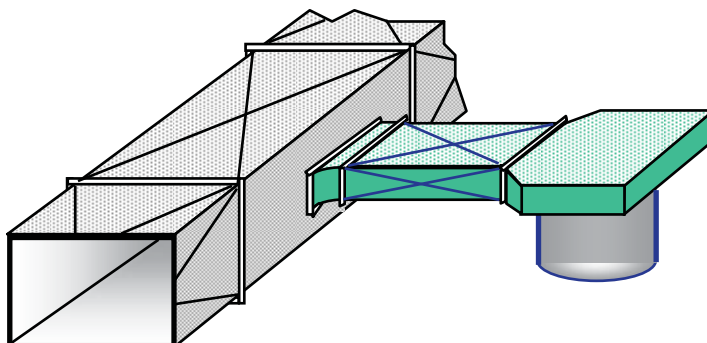
Los espesores de la misma dependen del tamaño del lado mayor del conducto, pudiéndose establecer los mismos en los siguientes valores:

| | | |
|----------------|-------|-----------------------|
| LM=0,7 m | BWG24 | 4,8 Kg/m ² |
| LM=0,7 a 1,3 m | BWG22 | 6,1 Kg/m ² |
| LM=1,3 a 2,0 m | BWG20 | 7,6 Kg/m ² |

LM mayor a 2,0 m BWG22 10,4 Kg/m²

Para darle mayor rigidez a los conductos se prisma sus lados, dándole así mayor rigidez.

La ventaja que tiene este material es que permite una buena distribución del aire, pero su peso puede ocasionar dificultades en la fijación, sobre todo en estructuras existentes.-

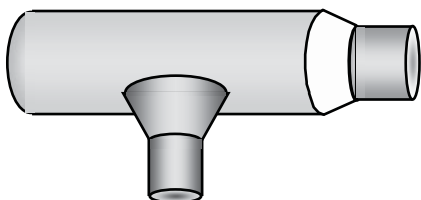


Conducto de fibra de vidrio: La fibra de vidrio utilizada es de alta densidad.- Exteriormente al conducto posee un revestimiento de papel de aluminio, comercializándose en espesores de 25 mm., con un peso de 2,20 Kg/m²g, sensiblemente inferior a los de la chapa galvanizada.

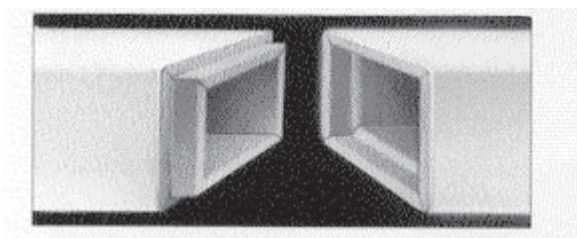
Las ventajas más importante es su bajo peso, el no necesitar aislación térmica, ser buen aislante acústico y rapidez de construcción y montaje.-

La desventaja más significativa es que no se los puede utilizar para conducción de aire a altas velocidades, porque podemos provocar erosión de la superficie interior del conducto y consecuentemente inyectar al local partículas de fibra de vidrio, alcanzando las vías respiratorias de los ocupantes, además, se produce la obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento.

Su dimensión máxima está limitada a 1,20 m por la presión interior en el conducto, si se desea sobrepasar dicho valor deberá colocarse marcos de chapa como refuerzo.-

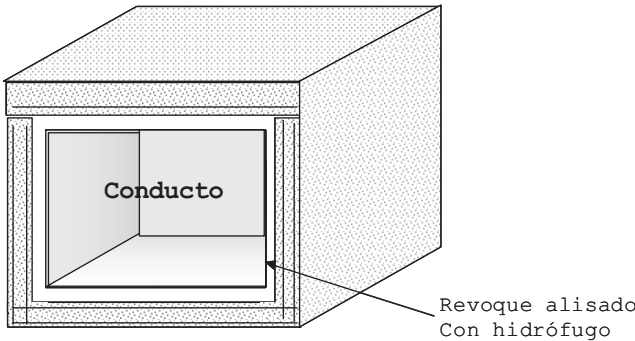


Conductos de lana de vidrio: Formados por paneles rígidos de lana de vidrio aglomerada con resinas termoendurecibles. La superficie externa del conducto está recubierta de un conjunto formado por tres capas, una lamina de aluminio, una malla de vidrio textil y papel kraft. Este aislamiento actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto. La cara interior tiene un revestimiento de papel aluminio.

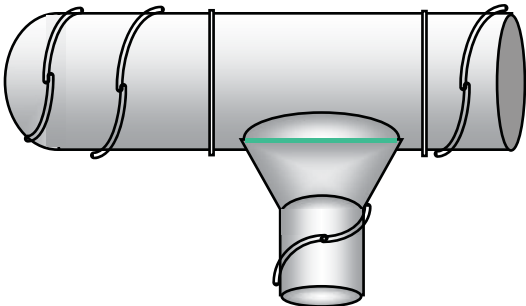


Conductos de mampostería: Los conductos de mampostería se utilizan generalmente para retornos, cuando deber, correr enterrados o a la intemperie.- Deberá prestarse especial cuidado a su construcción.-

De ser necesario utilizarlos para conducto de alimentación es necesario construir el conducto de mampostería y colocar en su interior el conducto de chapa con la aislación correspondiente.-

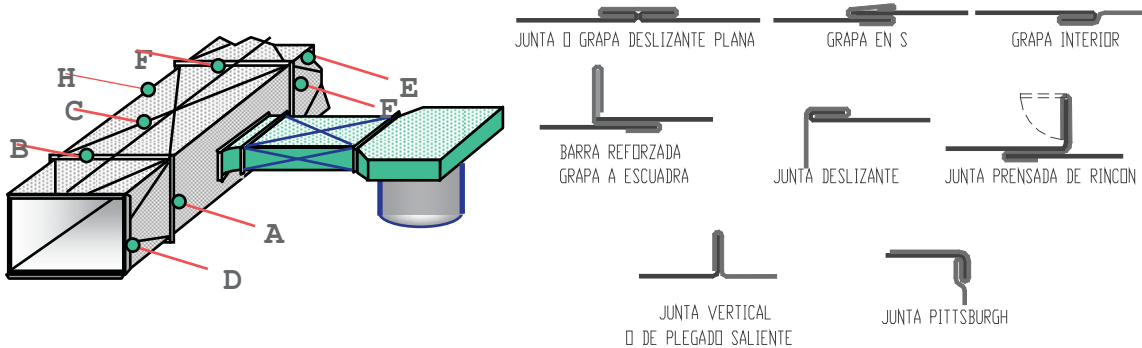


Conducto de chapa de aluminio: Los de chapa de aluminio tienen las mismas ventajas e inconvenientes que los de chapa galvanizada, pero su uso está limitado por su alto costo.-



• Uniones

Los conductos de chapa se unen a través de pestañas, juntas o marcos.



Los de fibra de vidrio se unen mediante encastres efectuados con herramientas especiales, que luego conforman el conducto y son tomados con broches metálicos. Posteriormente se coloca una faja autoadhesiva.-

• Aislaciones

Los conductos de chapa pueden ser aislados con:

- Lana de vidrio
- Poliestireno expandido
- Corcho

El primero es el material más utilizado y trae una cubierta de papel kraft para protección. Luego de colocarla, se la ata con alambre galvanizado, colocándose en los ángulos esquineros de chapa.-



Los espesores recomendables son los siguientes:

| CONDUCTOS | UBICACIÓN | | | | | |
|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------|
| | AMBIENTE INTERIOR | AL EXTERIOR | AMBIENTE CALIENTE | MAMPOSTERIA SUBTERRANEA | MAMPOSTERIA AEREA | |
| ALIMENTACION | 25 mm | 50 mm | 50 mm | 25 mm | 50 mm | 25 mm |
| RETORNO | | 25 mm | 50 mm | | 25 mm | |

La aislación de poliestireno expandido en placas rígidas, es muy utilizada en conductos de tamaño considerable y tienen como inconveniente la necesidad de colocar ángulos longitudinales para su correcta unión. Además, debe tenerse especial cuidado en el sellado de las juntas, para evitar la condensación sobre la chapa de los conductos y el posible goteo.-

La aislación térmica con corcho a pesar de ser un buen material aislante no se la utiliza debido a su alto costo.-

VIII.7 EQUIPOS TERMINALES – SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR RED DE CONDUCTOS

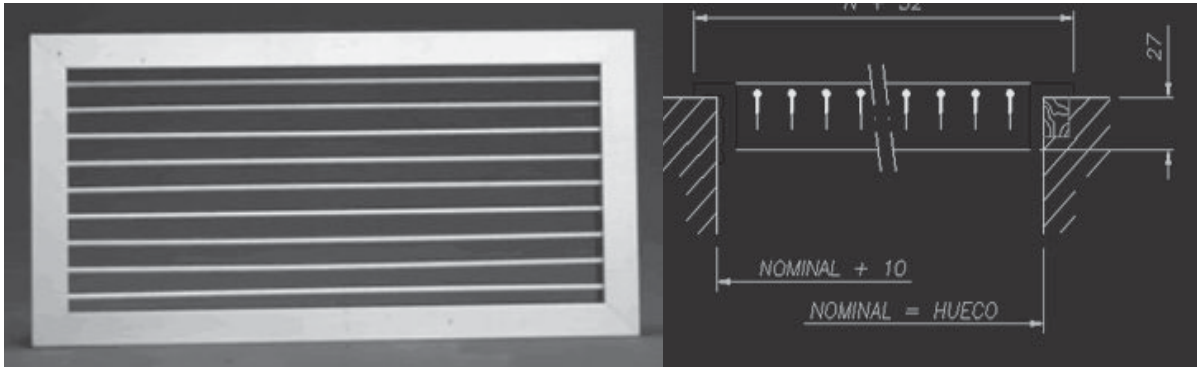
Los equipos terminales cumplen la función de inyectar o extraer aire de los locales. En un sistema de distribución de aire por una red de conductos se utilizan rejas y difusores para dicha función.

Las rejas y difusores pueden subdividirse desde el punto de vista de su función, su ubicación, su construcción y su regulación, como muestra el cuadro siguiente:

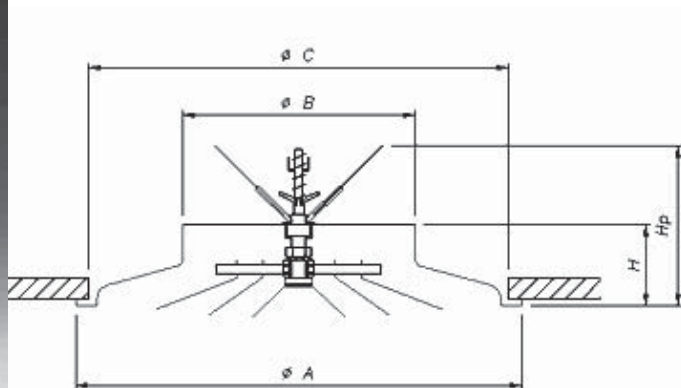
| REJAS | DIFUSORES |
|---|---|
| FUNCIÓN : de alimentación de retorno de toma de aire exterior de expulsión | FUNCIÓN : de alimentación de retorno y alimentación |
| UBICACIÓN: pared piso techo | UBICACIÓN: techo |
| MATERIAL: chapa de acero negro aluminio | MATERIAL: chapa de acero negro aluminio |
| REGULACIÓN: sin regulación simple regulación doble regulación | REGULACIÓN: sin regulación con regulación |

❑ Función:

- **Rejas y Difusores de alimentación:** Son las encargadas de repartir el aire en la cantidad necesaria y a una velocidad adecuada sin producir ruidos molestos ni causar corrientes de aire.



Reja de inyección o retorno - Simple deflexión



Difusor de inyección o retorno -

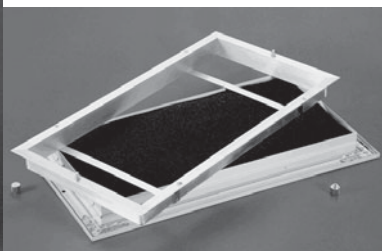
- **Rejas y Difusores de retorno:** extraen el aire de los locales para conducirlo a la planta de tratamiento a través de los conductos de retorno.



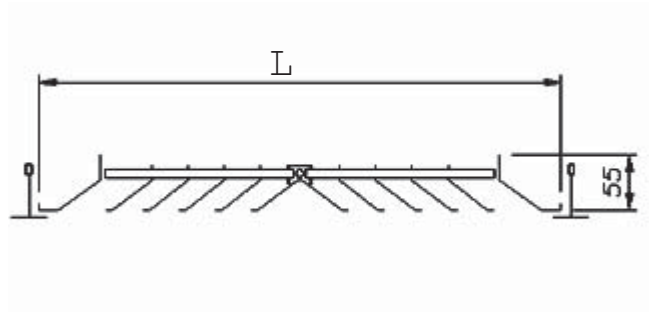
Reja retorno de aleta fija a 45°



Reja retorno portafiltros



Difusor cuadrado para techos



- **Reja de toma de aire exterior:** es la encargada de tomar el aire del exterior y llevarlo a través del conducto a la planta de tratamiento.
Su ubicación no debe ser arbitraria, sino que debe ser instalada en zonas en donde se pueda tomar el aire con la menor cantidad de impurezas.-

Como condiciones de ubicación se puede mencionar las siguientes:

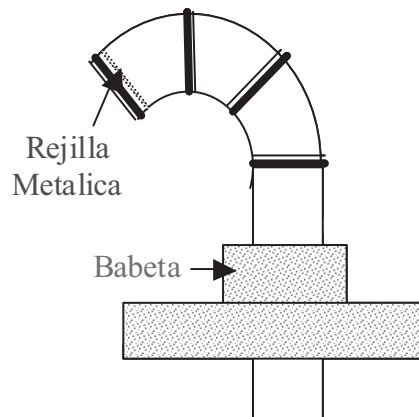
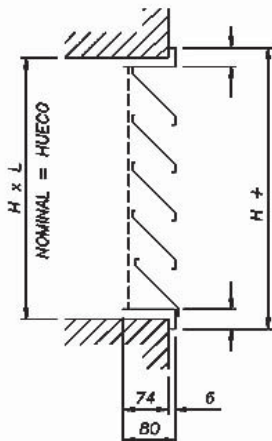
- No debe ubicarse a nivel de piso.- Si se la ubica a nivel de planta baja se la colocará a una altura tal que evite la penetración de polvo.-

- No debe colocarse en posición horizontal.
- No debe colocarse en las proximidades de los remates de chimeneas y/o ventilación de baños y cocinas
- No deberá colocarse en la proximidad de artefactos eléctricos que atraigan insectos.-

Asimismo del lado interior debe llevar una malla de alambre para evitar la entrada de pájaros, insectos, etc.. Exteriormente una persiana del tipo celosía para evitar la entrada del agua de lluvia.-

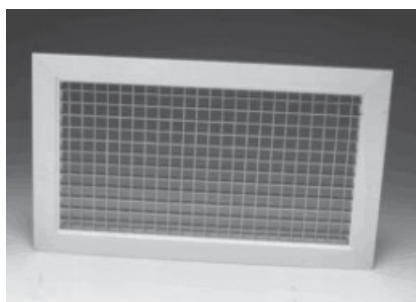


Reja exterior pared



Reja exterior azotea

- **Rejas o difusores de expulsión:** expulsan el aire al exterior cuando el mismo no puede escapar por infiltración, se los utiliza cuando se adopta un porcentaje elevado de aire exterior a fin de cumplir con los requisitos de ventilación del local.

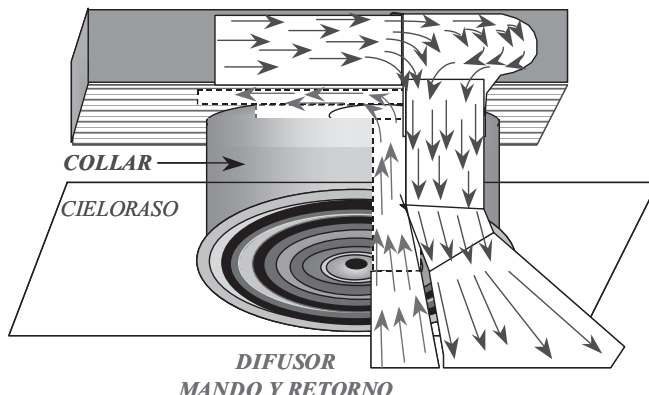


Reja de expulsión



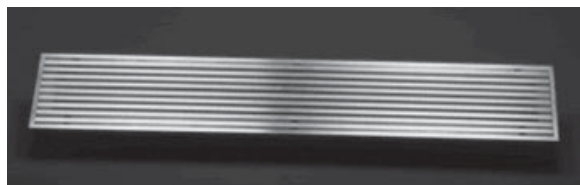
Boca de extracción

- **Difusores de alimentación y retorno combinados:** tienen la ventaja de incorporar en un solo equipo terminal ambas funciones, pero deberá tenerse especial cuidado en la velocidad de inyección, para evitar la inducción del aire de alimentación por el aire de retorno, antes de que este llegue a las zonas ocupadas.



❑ Ubicación:

- **Rejas de pared:** se las utiliza tanto para alimentación como para retorno.-
- **Rejas de piso:** su utilización es tanto para alimentación como para retorno.- Su uso no es conveniente, pues arrastra excesiva cantidad de polvo y otras partículas.- Solo se debe utilizar en caso de situaciones particulares.



Reja modular de suelo técnico

Reja lineal de suelo

- **Rejas de techos:** se la utiliza solo para retornos.



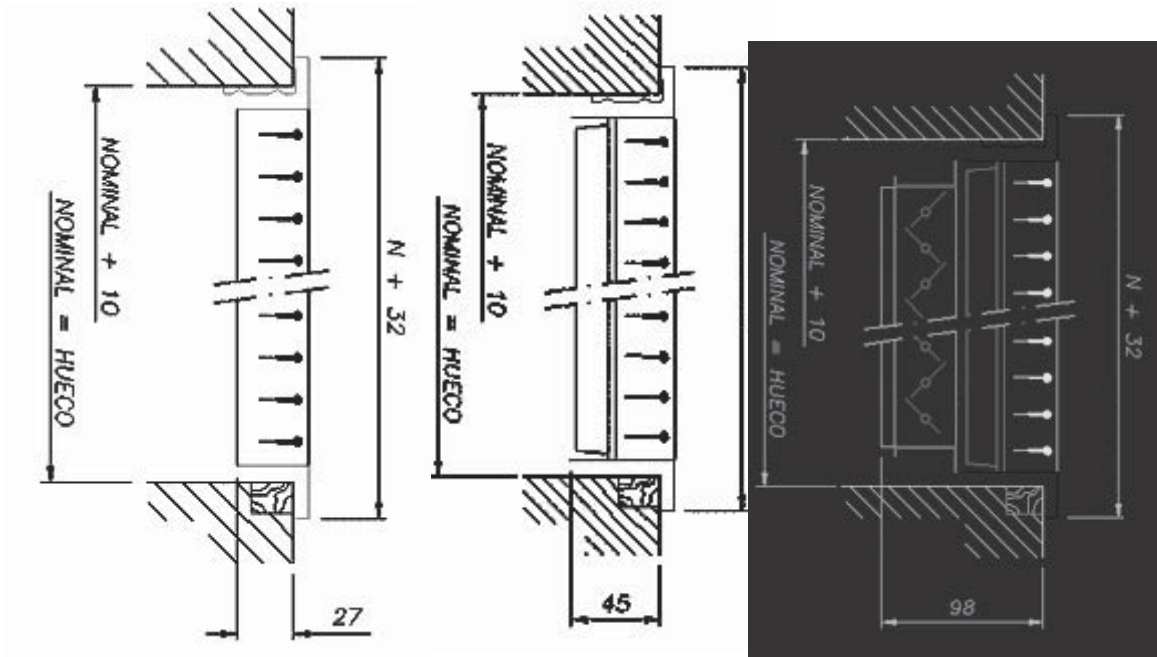
Reja de retorno aleta fija

❑ Construcción

- **Rejas y difusores de chapa de hierro negro:** deben construirse en espesores de chapa de acuerdo a sus dimensiones, tratadas con anticorrosivos y terminación con pintura adecuada.-
- **Rejas y difusores de aluminio:** se construyen con perfiles de aluminio color natural o anodizado. Respecto de la distribución de aire es similar a las de chapa de hierro, tienen un mejor aspecto en cuanto a su terminación pero su costo es mayor.-

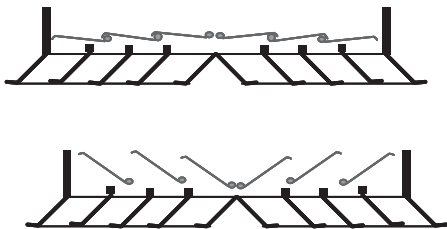
❑ Regulación:

- **Rejas y difusores sin regulación:** se utiliza exclusivamente para retornos y como su nombre lo indica no permite regular el caudal de aire que las atraviesa.-



Reja sin regulación Reja simple regulación Reja doble regulación

• **Rejas y difusores con simple regulación:** sus aletas horizontales son regulables y permiten no solo la regulación del caudal sino darle direccionalidad al aire.- Las mismas se utilizan tanto para alimentación como para retorno.

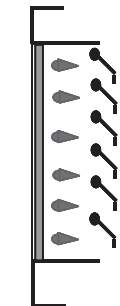
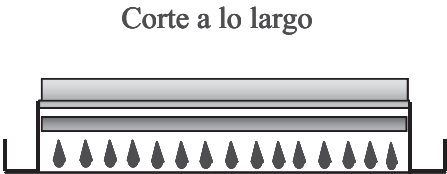
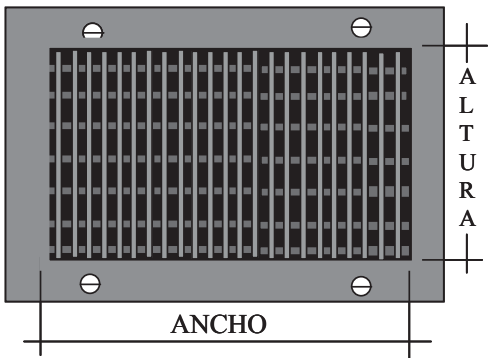


Corte - Difusor con regulación



Corte - Reja simple regulación

• **Rejas con doble regulación:** son regulables a través de aletas horizontales y verticales, colocadas en su parte posterior. Permiten regular el caudal y dar dirección al aire, se las utiliza solamente en alimentación.



Corte a lo alto

CAPITULO IX

DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

IX.1 INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de la energía, es la base de la responsabilidad ambiental. Por ello podemos decir que en la etapa del proyecto del acondicionamiento del aire de un local el punto crítico es lograr la optimización en la distribución del aire.

Hoy alcanzar la sensación de bienestar requiere calidad de aire interior. Exigiremos del acondicionamiento de aire, la uniformidad en cuanto a temperatura y humedad, ausencia de corrientes de aire molestas, ausencia de ruido e instalaciones que no afecten en su funcionamiento al medio ambiente, por ejemplo el uso de refrigerantes ecológicos combinadas con tecnologías más eficientes.

Los edificios hoy resultan más herméticos, con el fin de minimizar las pérdidas de calor y ahorrar energía, pero también concentran contaminantes internos guardando gases y olores. La calidad del aire se ve afectada porque los contaminantes microscópicos continúan circulando en el aire.

En el presente capítulo está dedicado a los aspectos a tener en cuenta en un proyecto para lograr la uniformidad en la distribución del aire dentro del local para lograr el confort de sus ocupantes.

IX.2 IMPULSIÓN DEL AIRE EN EL AMBIENTE

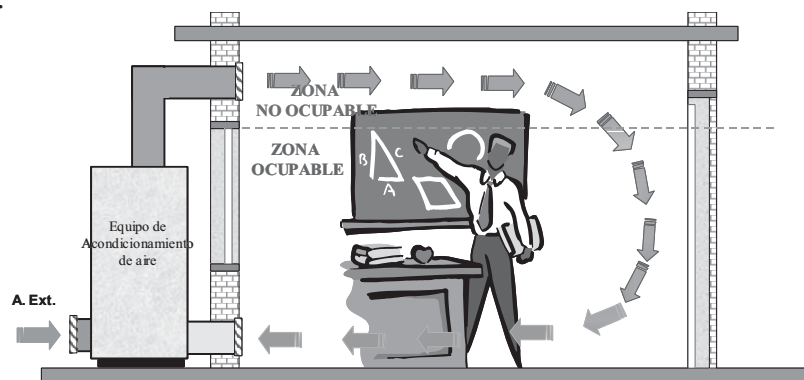
En la distribución del aire de un local como punto de partida se debe evitar dos situaciones críticas a saber:

- La formación de corrientes molestas
- La formación de zonas de estancamiento de aire.

La formación de zonas de estancamiento de aire, caracterizada por velocidades de aire inferiores a los 8 cm por segundo, implica concentración de contaminantes internos en el lugar que se produce. Mientras que la formación de corrientes denominadas molestas, produce sensación de frío o calor en alguna parte del cuerpo motivada ya sea, por inyectar aire a temperatura adecuada a velocidad elevada, (velocidades de aire en el plano de trabajo igual o mayores a 25 cm por segundo), o a temperatura demasiado baja, refrigeración, o elevada, calefacción, y velocidad adecuada.

En los locales distinguiremos dos zonas:

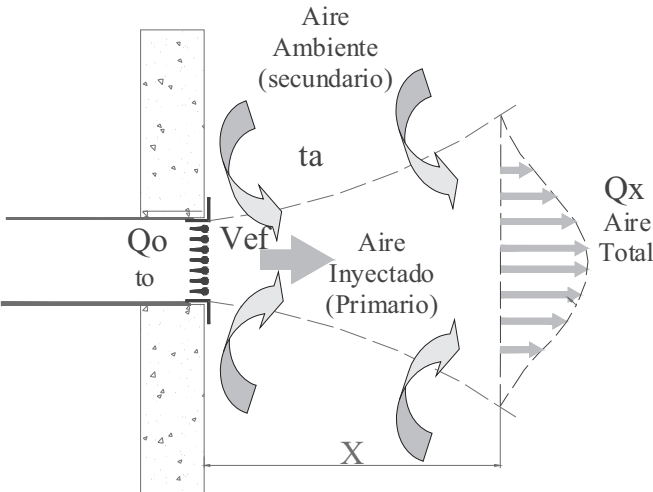
- La zona que realmente puede ser ocupada por las personas, y
- El espacio que no puede ser ocupado normalmente, por ejemplo la parte cercana al techo.



El aire debe entrar en el local por la zona no ocupable y disminuir la velocidad y temperatura antes de entrar a la zona ocupable.
En la práctica se adoptan velocidades de aire en zonas ocupadas comprendidas entre los 10 cm/seg a los 25 cm/seg.

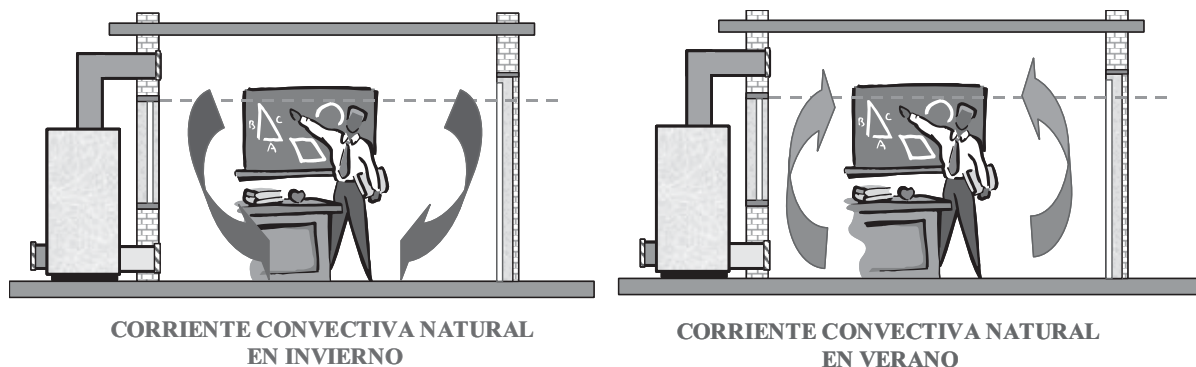
| VELOCIDAD DEL AIRE (m/seg) | REACCIÓN | APLICACIÓN RECOMENDADA |
|----------------------------|---|---|
| 0 - 0,08 | Quejas por estancamiento del aire | Ninguna |
| 0,12 | Proyecto ideal - favorable | Todas las aplicaciones comerciales |
| 0,12 - 0,25 | Probablemente favorable, pero máxima velocidad admisible para personas sentadas es de 0,25 m/seg aproximadamente. | Todas las aplicaciones comerciales |
| 0,35 | Desfavorable, los papeles ligeros colocados en las mesas son insuflados | |
| 0,4 | Limite máximo para personas que se desplazan lentamente - favorable | Almacenes y comercios |
| 0,40 - 1,50 | Instalaciones de acondicionamiento de aire de algunas fábricas - favorable | velocidades más altas de acondicionamiento para refrigeración de punto localizada |

Para conseguir las velocidades mencionadas, el aire debe inyectarse al local a velocidades superiores. Ya que a medida que el aire ingresa a través de los equipos terminales, aire primario, arrastra gran parte de aire del local, aire secundario o inducido, mezclándose, aire total, y logrando la temperatura y humedad relativa requeridas e ingresando a la zona habitable luego de absorber las cantidades de calor sensible y calor latente para lo cual fue preparado, retorna hacia la planta de tratamiento.



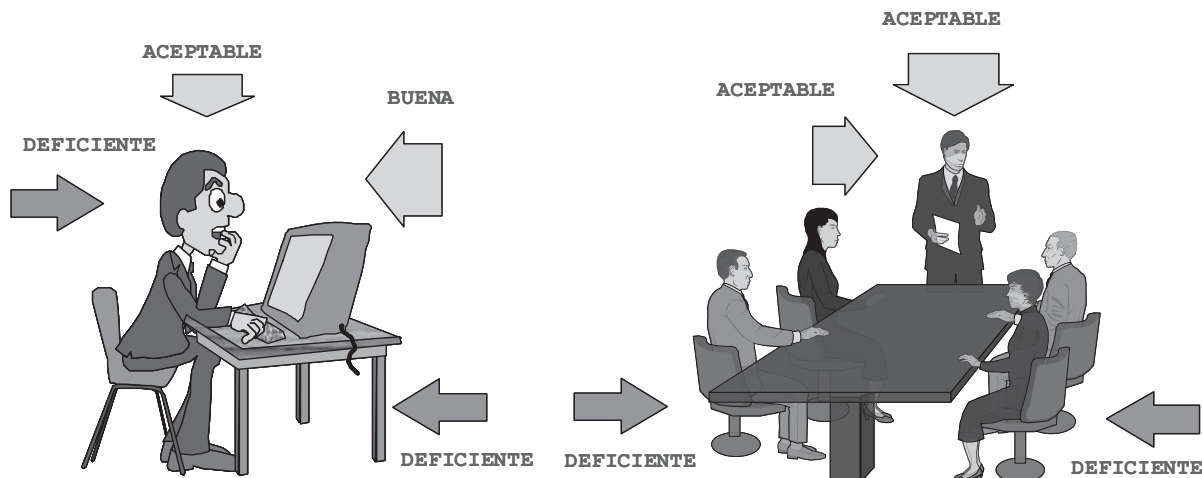
En la figura se representa el comportamiento de una corriente de aire que se introduce en un recinto a través de una rejilla de ventilación y que se extiende a lo largo del mismo sin que exista ningún elemento que impida su libre propagación.

También deben tenerse en cuenta las corrientes convectivas que se producen en el local en forma natural y que son diferentes en invierno y en verano, tienen influencia sobre la distribución de aire en las zonas perimetrales de los locales.



En verano, la corriente convectiva natural tiende a llevar el aire caliente hacia el techo. En invierno, la corriente convectiva va del techo hacia el suelo. Una de las formas para contrarrestar ambos efectos es introducir el aire por encima de la zona ocupada y extraerlo por un nivel cercano al piso.

También es dable de atender las direcciones del movimiento del aire más conveniente para una persona, para ello pensemos en la sensación de confort que nos produce un ventilador en diversas posiciones, que se reflejan en las siguientes figuras:



Entonces diremos que para conseguir una correcta distribución de aire en los ambientes deberá diseñarse adecuadamente los equipos terminales y red de conductos según el local que tratemos, teniendo en cuenta las consideraciones expuestas precedentemente.

IX.3 PRINCIPIOS A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

Para lograr optimizar un proyecto de distribución de aire debemos considerar previamente las siguientes pautas:

1. Estudios de planos
2. Elección del tipo de distribución
3. Selección de equipos terminales
4. Redes de conductos

A posteriori determinaremos los caudales para cada equipo terminal, lo cual nos permitirá dimensionar los equipos terminales y la red de conductos.

1. Estudio de planos: Se deberá analizar el proyecto de la obra, planos de arquitectura, estructura, instalaciones y detalles constructivos, con el fin de contar con los espacios necesarios para un desarrollo adecuado del sistema de distribución, evitando fundamentalmente interferencias con estructuras e instalaciones, lo cual nos permitirá lograr un diseño arquitectónico integrado con el diseño constructivo de la instalación de aire acondicionado.

Asimismo es de fundamental importancia conocer las características de los distintos locales a acondicionar, ubicación de las salas de máquinas, los espacios libres que puedan utilizarse para el pasaje de conductos, la existencia o no de cielorrasos suspendidos.

2. Elección del tipo de distribución: Previo a la elección del tipo de distribución es necesario establecer las distintas zonificaciones de los locales a acondicionar, a efectos de determinar la cantidad de unidades tratamiento de aire a adoptar.-

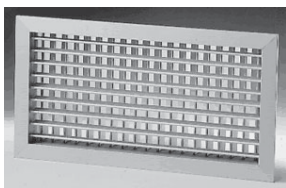
La zonificación se efectuará en función del criterio del proyectista, pudiendo las mismas agruparse sobre la base de orientación, horarios de uso, necesidades de aire de ventilación, destino, etc.-

3. Selección de equipos terminales: Para seleccionar y ubicar adecuadamente una reja o difusor se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- ☐ Forma
- ☐ Distancia
- ☐ Alcance
- ☐ Inducción
- ☐ Separación
- ☐ Caída
- ☐ Caudal de aire
- ☐ Velocidad de inyección y retorno
- ☐ Ubicación de equipos terminales
- ☐ Espacio a acondicionar

☐ **Forma:**

Rejas: Las formas de las rejas pueden ser cuadradas o rectangulares. Las primeras permiten una muy buena circulación del aire.



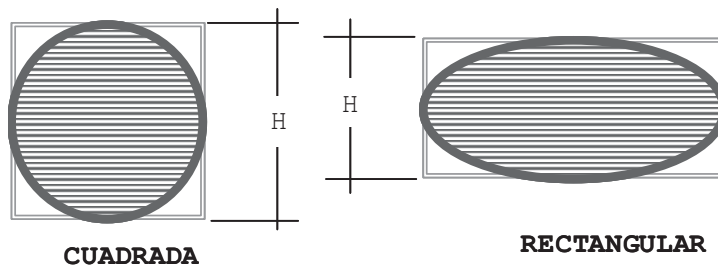
Reja rectangular doble deflexión



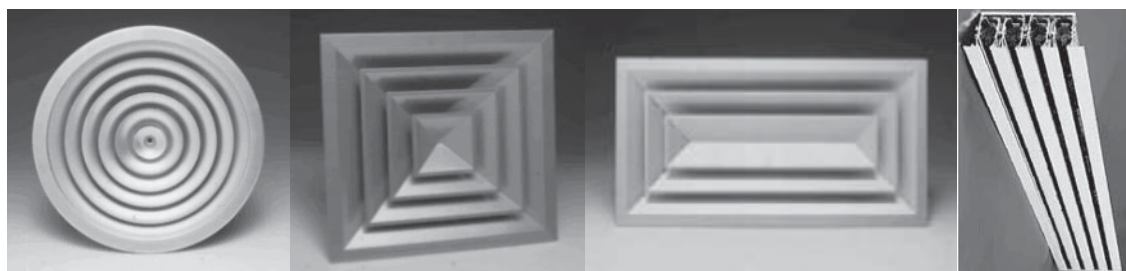
Reja modular suelo técnico

En razón de que generalmente los espacios para ubicar las rejillas son muy reducidos se pasa de la forma cuadrada a la rectangular.-

Siendo en la reja rectangular mayor el perímetro, con lo cual disminuye la efectividad de la salida del aire respecto de la cuadrada, ya que el aire ocupa menor superficie.



Difusores: Las formas de los difusores pueden ser circulares, cuadradas o lineales. La utilización de cada una de ellos depende fundamentalmente de la solución arquitectónica dada al local en estudio.



Difusor circular

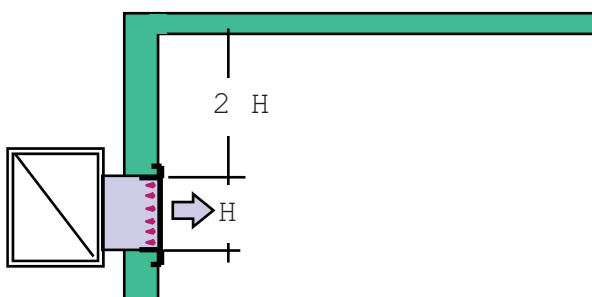
Difusor Modular

Difusor Rectangular

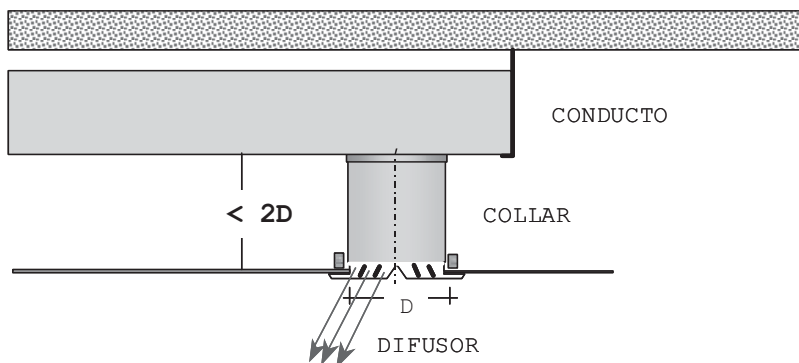
Difusor lineal

□ Distancia:

Rejas: La distancia de la reja al cielorraso debe ser como mínimo dos veces su altura, a fin de que la inyección del aire no se vea afectada por el efecto techo, tema que desarrollaremos más adelante.

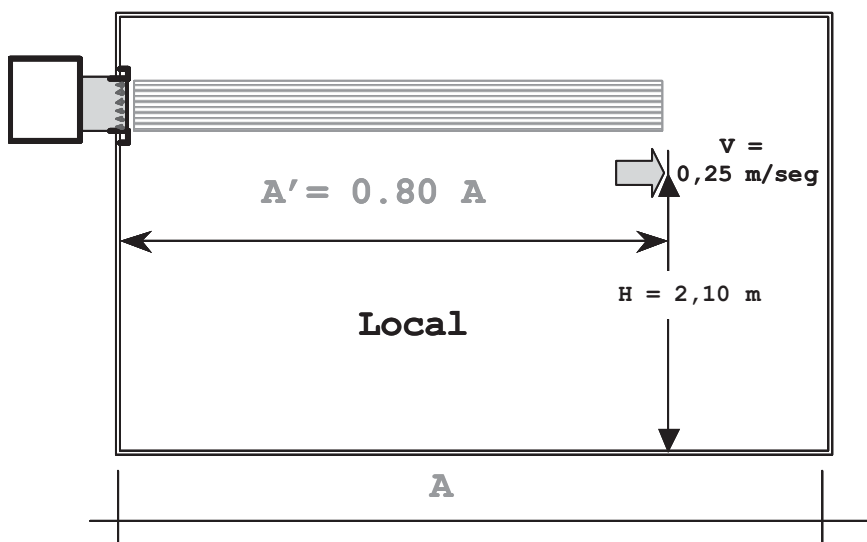


Difusores: La distancia que media entre el conducto de alimentación y el difusor (cuello), deberá ser por lo menos dos veces el diámetro del difusor, a efecto de lograr que el aire ocupe la totalidad de la sección del difusor.

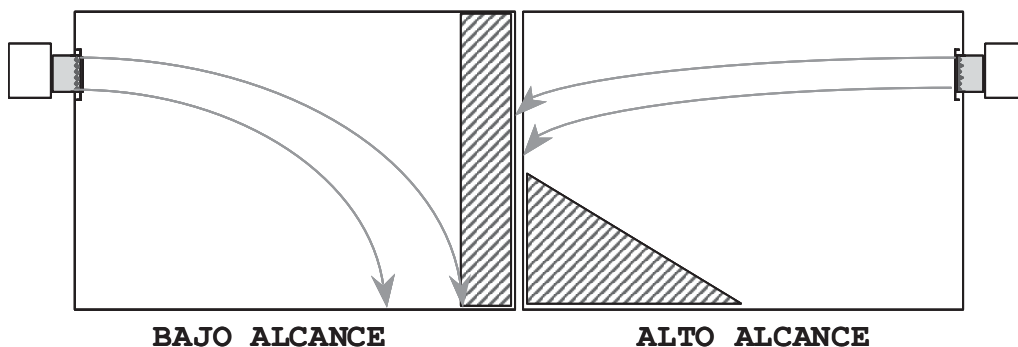


□ **Alcance (distancia de impulsión):**

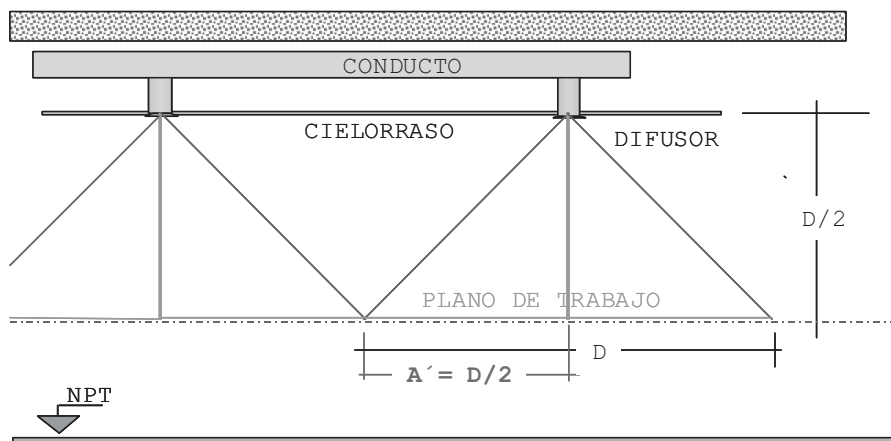
Rejas: Es la distancia horizontal que recorre una corriente de aire, medida desde la boca de salida hasta un punto donde la velocidad del aire alcanza un valor mínimo definido 0,25 m/seg y medido a 2,10 metros por encima del suelo.



Este valor es fundamental en razón de que con escaso alcance una zona ocupada del local queda con escaso movimiento de aire y con excesivo alcance produce rebote de aire en el paramento opuesto originando corrientes de aire molestas. Se considera que el alcance correcto debe ser del ochenta por ciento (80 %) del lado del local.



Difusores: Es la distancia horizontal que recorre una corriente de aire, medida desde el centro del difusor hasta un punto donde la velocidad del aire alcanza un valor mínimo definido 0,25 m/seg, en difusores puede ser la velocidad de 0,30 m/seg, por la forma de inyección, y medido a la altura del plano de trabajo, 1,20 metros por encima del suelo.



□ Inducción:

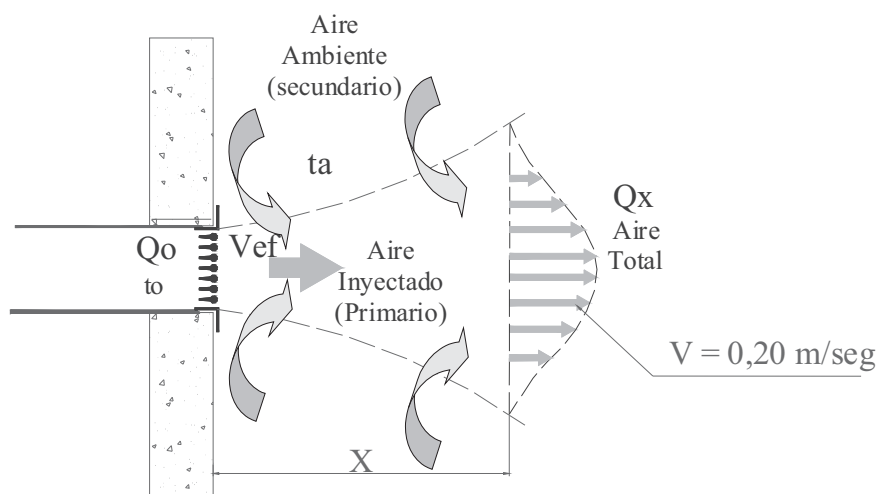
Inducción es el arrastre de aire del local a acondicionar por el aire impulsado por la boca de salida, dependiendo de la velocidad del aire de impulsión.

Llamaremos, aire primario al caudal de aire que sale de la boca de impulsión. Aire secundario al caudal de aire del local que será aspirado y arrastrado a lo largo de la trayectoria del aire primario. Aire total a la mezcla de caudales de aire primario y secundario.

La distancia de impulsión es función de la velocidad, la disminución de velocidad del aire es función de la relación del aire total respecto del aire primario. El alcance depende de la cantidad de inducción que se produce. La cantidad de inducción desde una boca de impulsión es una función directa del perímetro de la sección recta de la corriente del aire primario. De dos bocas de impulsión de la misma área, la de mayor perímetro tiene mayor inducción y por lo tanto, su alcance es más corto.

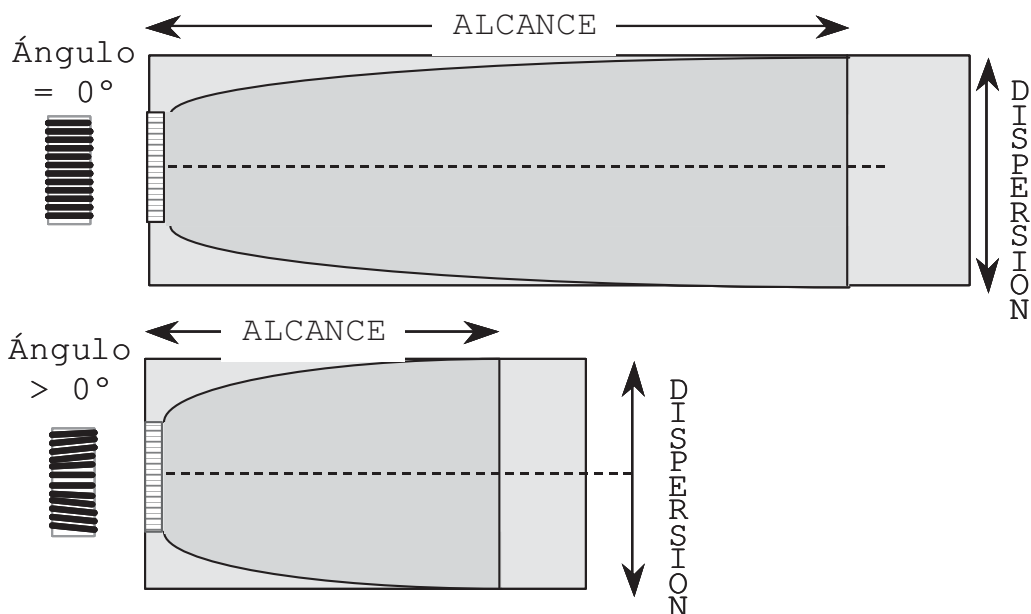
Con un caudal de aire dado a una presión dada en un local se obtiene:

- Inducción mínima y máximo alcance con una sección circular.
- Inducción máxima y mínimo alcance con una sección rectangular estrecha.



▪ Separación:

El ángulo de divergencia de la corriente de aire se llama dispersión, o difusión. Para cualquier tipo o forma de boca de salida con deflectores perpendiculares, el ángulo entre aletas con la corriente de aire es de 0° , al conducto de impulsión el ángulo de dispersión es de aproximadamente 19° , alcance máximo. Las bocas de salida con deflectores, las aletas se encuentran inclinadas respecto de la corriente de aire, convenientemente colocados, por ejemplo a 45° con el conducto, se produce una dispersión de 60° , pero con un alcance de aproximadamente del 50% del alcance que la misma boca pero con deflectores perpendiculares.

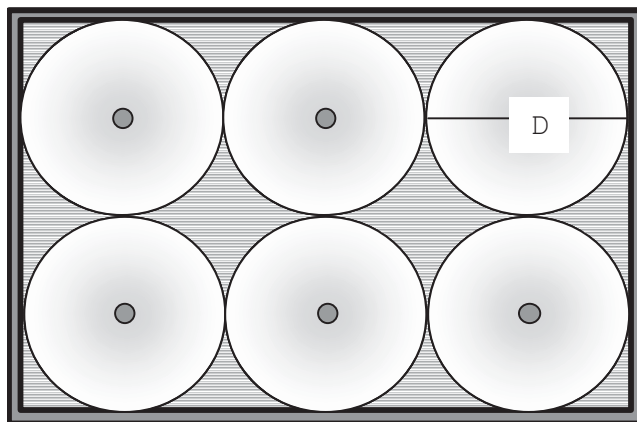


Rejas: Como vimos el ángulo de deflexión de las aletas tienen fundamental importancia para el logro de alcances determinados.

La distancia entre centros de rejillas ubicados sobre el mismo paramento debe ser igual a la dispersión de la rejilla, esta dado en los catálogos técnicos para distintas deflexiones de las aletas.

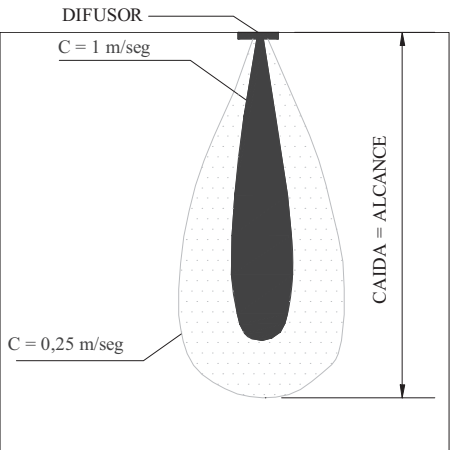
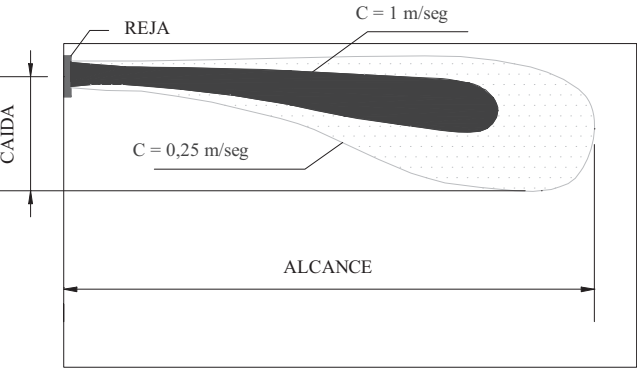
Difusores: Para determinar la separación entre difusores se toma un ángulo de salida de 45° , la separación será el doble del alcance.

PLANTA



❑ Caída:

Es la distancia vertical desde la posición de la boca de impulsión hasta el punto más bajo donde tengamos la velocidad de 0,25 m/seg.
Para difusores caída y alcance coinciden.



❑ **Caudal de aire:** Depende de la cantidad de calor que se debe extraer o suministrar al local.

❑ **Velocidad de inyección y retorno:**

El ruido que se produce por efecto de la circulación del aire a través de las rejillas o difusores se debe a la formación de turbulencias en los elementos alrededor de los cuales pasa el aire.

Valores máximos admisibles de nivel sonoro en db(a)

| TIPO DE LOCAL | DÍA Decibeles | NOCHE Decibeles |
|---|------------------|--------------------|
| Administrativo y de oficinas | 45 | -- |
| Comercial | 55 | -- |
| Cultural y religioso | 40 | -- |
| Docente | 45 | -- |
| Hospitalario | 40 | 30 |
| Ocio | 50 | -- |
| Residencial | 40 | 30 |
| Vivienda: Piezas habitables, excepto cocinas, Pasillos, aseos y cocinas. | 35 40 50 | 30 35 40 |
| Espacios comunes: vestíbulos, pasillos | 50 | -- |
| Espacios de servicio: aseos, cocinas, lavaderos | 55 | -- |

Por este motivo el ruido que se genera depende básicamente de la velocidad de paso, de la superficie de la rejilla o difusor, de su resistencia al paso del aire y de la turbulencia de la corriente.

El estrangulamiento del caudal del aire por efecto de los reguladores de volumen provoca un aumento del nivel de ruido.

El nivel de ruido de reja o difusor se puede reducir mediante la reducción de la velocidad de impulsión y repartiendo el volumen total de la corriente de aire entre varios equipos terminales. Entonces diremos que la velocidad del aire que atraviesa una reja o difusor no debe sobrepasar valores prefijados, a fin de evitar ruidos molestos.

Velocidades recomendadas en las bocas de inyección

| APLICACIÓN | VELOCIDAD (m/min.) |
|--|-----------------------|
| Estudio de radiodifusión | 90 - 150 |
| Residencias | 150 - 240 |
| Departamentos | 150 - 240 |
| Iglesias | 150 - 240 |
| Dormitorios de hotel | 150 - 240 |
| Teatros | 150 - 240 |
| Oficinas particulares, tratadas acusticamente | 150 - 240 |
| Oficinas particulares, no tratadas acusticamente | 150 - 240 |
| Salas de cine | 300 |
| Oficinas públicas | 300 -390 |
| Almacenes comerciales, plantas superiores | 450 |
| Almacenes comerciales, planta principal | 600 |

Velocidades recomendadas en las rejillas de retorno

| COLOCACIÓN DE LA REJA | | VELOCIDAD (m/seg.) |
|------------------------------|---|-----------------------|
| Locales Comerciales | Por encima de zonas ocupadas | 240 y más |
| | Dentro de zona ocupada, no cerca de asientos | 180 -240 |
| | Dentro de zona ocupada, cerca de asientos | 120 -180 |
| | Persiana de puerta o de pared | 150 - 300 |
| | Aberturas en la parte inferior de las puertas | 180 |
| Locales Industriales | | 240 |
| Locales Residenciales | | 120 |

Para difusores podemos adoptar mayores velocidades de inyección, ya que se admiten una mayor velocidad del aire en la zona de trabajo, favorecida por la dirección en que se inyecta el aire tratado.

| TIPO DE LOCAL | Velocidad inyección máxima para REJAS | Velocidad inyección máxima para DIFUSORES |
|--|---|---|
| Estudio de radiodifusion - bibliotecas | 100/150 m/ min | 180/200 m/ min |
| Viviendas - hoteles | 150/200 m/ min | 200/250 m/ min |
| Teatros - oficinas | 150/300 m/ min | 300/350 m/ min |
| Industrias | 400/600 m/ min | 400/600 m/ min |

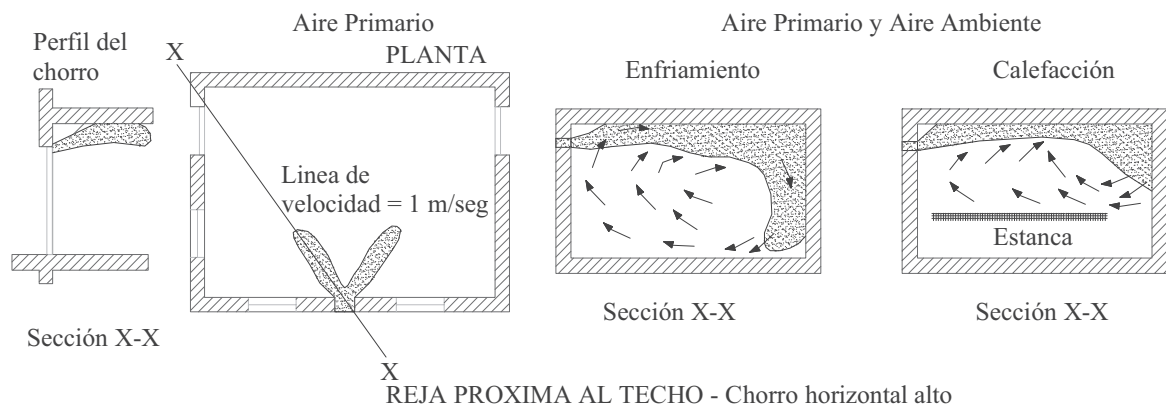
❑ **Ubicación de los equipos terminales:** Los equipos terminales deben ser seleccionados según su ubicación tanto para las bocas de impulsión como las de retorno.

Ubicación equipos terminales de impulsión: Para las bocas de impulsión tenemos las siguientes posibilidades en cuanto a su ubicación e impulsión.

- Rejas próximas al techo con impulsión horizontal
- Difusores
- Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical y sin difusión
- Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical, con difusión
- Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión horizontal

o **Rejas próximas al techo con impulsión horizontal:** Se adapta bien para sistemas de refrigeración y ventilación. Para estas aplicaciones es conveniente utilizar un número relativamente grande de rejas con un elevado ángulo de difusión.

Para una instalación durante todo el año podemos adoptar rejas con flecha máxima, sin difusión para el ciclo invernal, que como se ve en la figura el aire llegaría a golpear el muro opuesto en la época de verano, si no son reguladas para dicho ciclo.

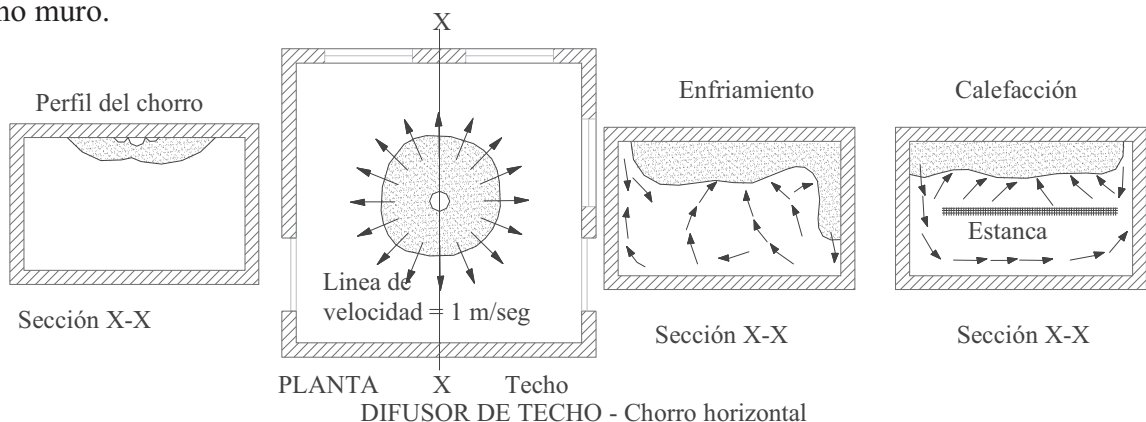


o **Difusores:** Con este tipo de equipo terminal la distribución de la temperatura en el ambiente resulta muy uniforme, no existiendo prácticamente zonas de estancamiento.

Debido a que impulsan el aire cerca del techo el aire ambiente a temperatura más elevada se mezcla con el aire primario muy por encima de la zona ocupada.

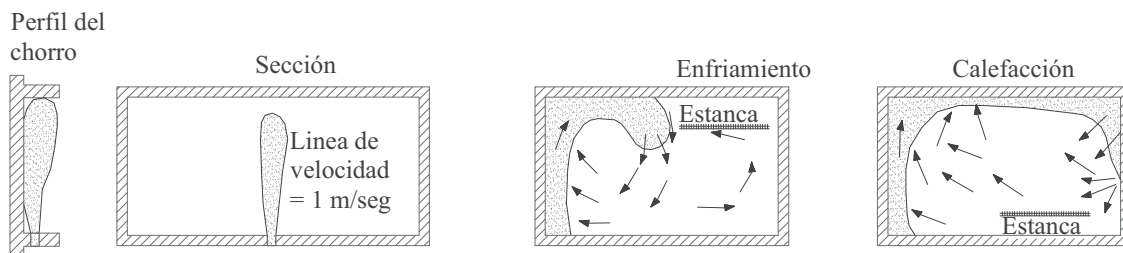
Por lo tanto, pueden dimensionarse para caudales de aire y diferencia de temperaturas importantes.

Debe ponerse cuidado en la ubicación de los difusores porque el movimiento del aire total, en régimen de refrigeración, puede ser contrarrestado por las corrientes naturales ascendentes que circulan a lo largo del muro exterior caliente y por lo tanto, el aire total cae antes de alcanzar dicho muro.

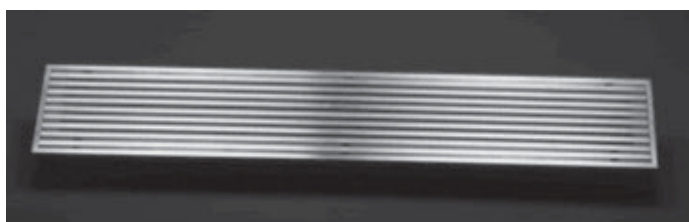
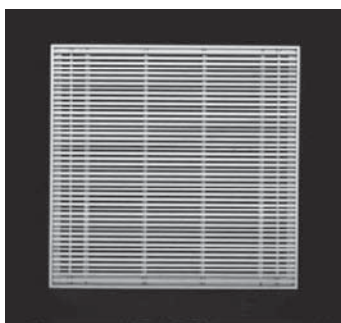


o **Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical y sin difusión:** Son rejas ubicadas en el suelo o de pared muy próxima al suelo, con impulsión vertical y sin difusión. Suele emplearse en instalaciones de suelo técnico, en Fan- Coils.

Puede aplicarse con resultados aceptables para toda la época del año, refrigeración, ventilación y calefacción, la selección se realiza sobre la base de las exigencias de refrigeración. Se debe ser cuidadoso en su ubicación debido a que pueden arrastrar partículas de polvo depositadas en el suelo.



REJA PROXIMO AL SUELO - Chorro vertical sin difusión

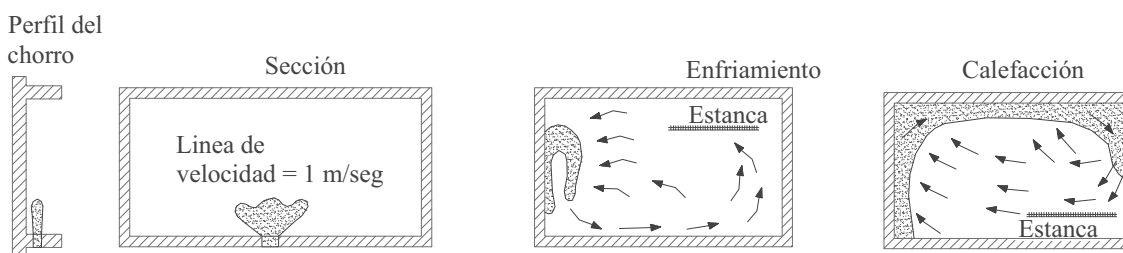


Modular suelo técnico

Lineal de suelo

o **Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical, con difusión:** Son rejillas ubicadas en el suelo o de pared muy próxima al suelo, con impulsión vertical y con difusión. Suele emplearse en instalaciones de suelo técnico, en Fan- Coils.

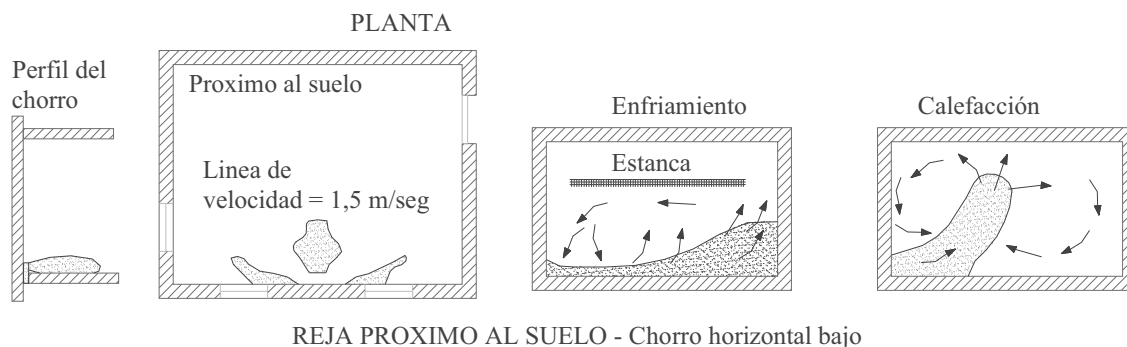
Puede aplicarse con resultados aceptables para toda la época del año, refrigeración, ventilación y calefacción, son más apropiados para calefacción. Se debe ser cuidadoso en su ubicación debido a que pueden arrastrar partículas de polvo depositadas en el suelo.



REJA PROXIMO AL SUELO - Chorro vertical

o **Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión horizontal:** Son rejillas ubicadas en el suelo o de pared muy próxima al suelo, con impulsión horizontal.

Esta instalación no es satisfactoria para la época de refrigeración. Se debe ser cuidadoso en su ubicación debido a que se arrastra gran cantidad de partículas de polvo depositadas en el suelo.



Ubicación equipos terminales de retorno: Los equipos terminales de retorno deben situarse, de ser posible, en el interior de las zonas de estancamiento de aire, también llamadas zonas muertas.

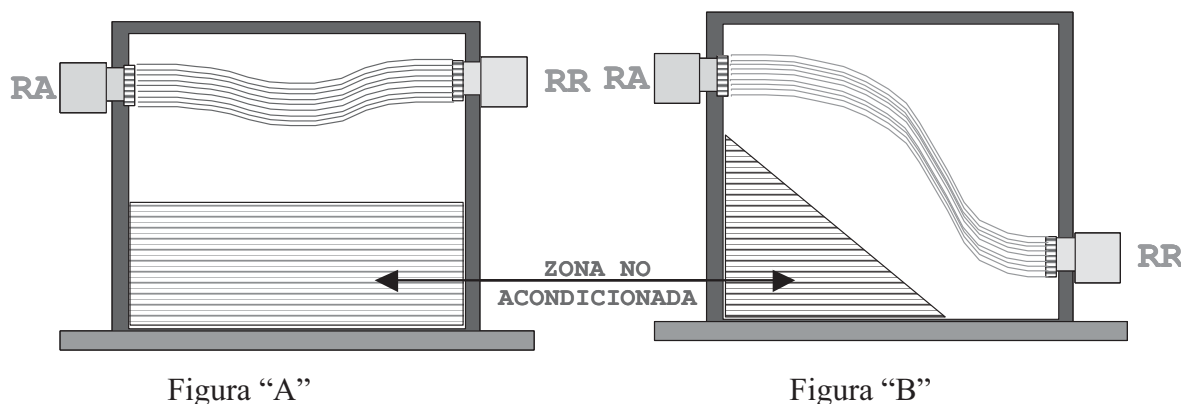
En estas condiciones aspiramos aire caliente durante el proceso de refrigeración y aire frío durante el proceso de calefacción.

Las bocas de retorno deberán situarse en función de las dimensiones de la zona de estancamiento durante la etapa de calefacción y de refrigeración, según la ubicación de la boca de impulsión.

Pero, además, deberá prestarse mucha atención en la disposición relativa de los equipos terminales de alimentación y retorno.

Ello conducirá a evitar zonas de estancamiento o corrientes molestas de aire.-

Por ejemplo con una impulsión horizontal y a un nivel elevado podemos deducir de las siguientes figuras:



La figura "A" indica la ubicación de rejillas enfrentadas en el mismo nivel, cercanas al cielorraso. Esta disposición presenta como inconveniente, en especial en el ciclo de invierno, la mala distribución de aire en la zona ocupada.

La figura "B" muestra las rejillas enfrentadas a distinto nivel, lo que provoca una inducción del aire por parte de la reja de retorno, quedando una zona del local sin el acondicionamiento adecuado.

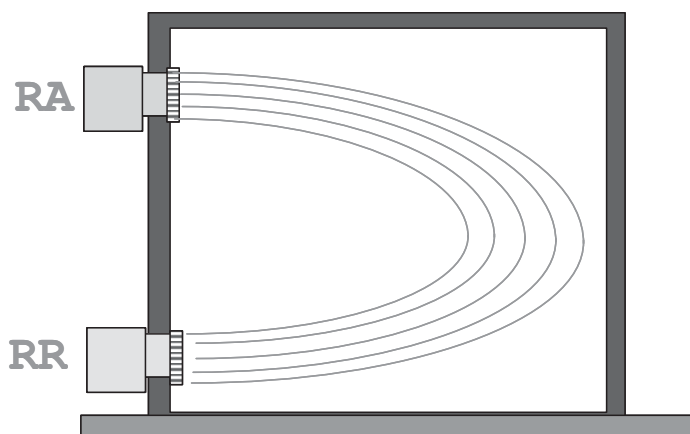
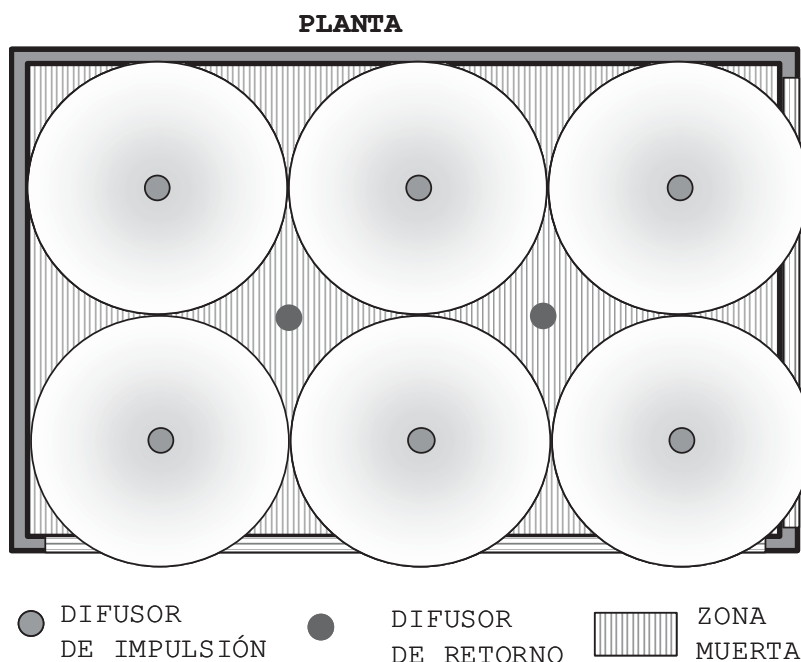


Figura “C”

En la figura “C” las rejillas se ubican sobre el mismo paramento y a distintos niveles, lo cual con un alcance admisible provoca una distribución uniforme en todo el ambiente.

Para difusores de impulsión se recomiendan rejillas en zonas muertas por sobre el nivel de suelo, si se utiliza retornos al mismo nivel se debe asegurar que la impulsión de aire sea lo suficientemente elevada para que el aire total no sea absorbido por los retornos.



Las ubicaciones indicadas como las más aconsejables no siempre pueden elegirse, ya que influyen condiciones arquitectónicas y constructivas.

❑ **Espacio a acondicionar:** Además de los factores mencionados precedentemente, el espacio a acondicionar también define la selección y ubicación de los equipos terminales, dependiendo especialmente de la forma y de su destino.

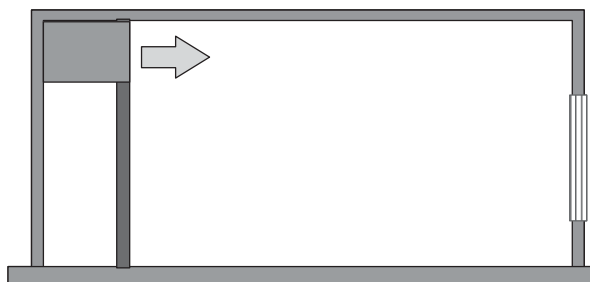
Ejecutar una instalación de aire acondicionado en un edificio que no fue concebido para tenerlo ofrece algunas dificultades de orden técnico que se traducen a veces en soluciones muy costosas. Por ello diremos que en general, cuanto más alto sea el techo, menos dificultades se encontrarán y en consecuencia se puede proceder con más libertad en el proyecto, con alturas de techo de 3,7 metros o menores hay que proceder meticulosamente.

Sin llegar a ser las únicas soluciones aceptables en el siguiente desarrollo se indica las posiciones más recomendables para distintos destinos.

Los ejemplos expuestos son sin obstrucciones en el cielorraso.

A) Departamentos, Hoteles y Edificios de oficinas

1. Suministro desde pasillo - Sin radiación directa:



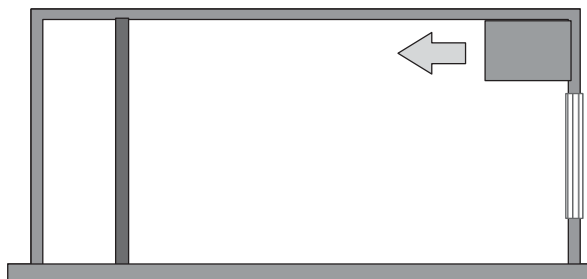
CORTE

Resulta de bajo costo, la distribución es deficiente en invierno, se produce una corriente descendente de aire debajo de la ventana acentuada por la forma de impulsión.

Se recomienda que el alcance no sea mayor al 75%.

Para eliminar la corriente descendente debajo de la ventana durante el invierno se puede utilizar radiación directa debajo de la ventana.

2. Conducto encima de ventana con impulsión hacia el pasillo:



CORTE

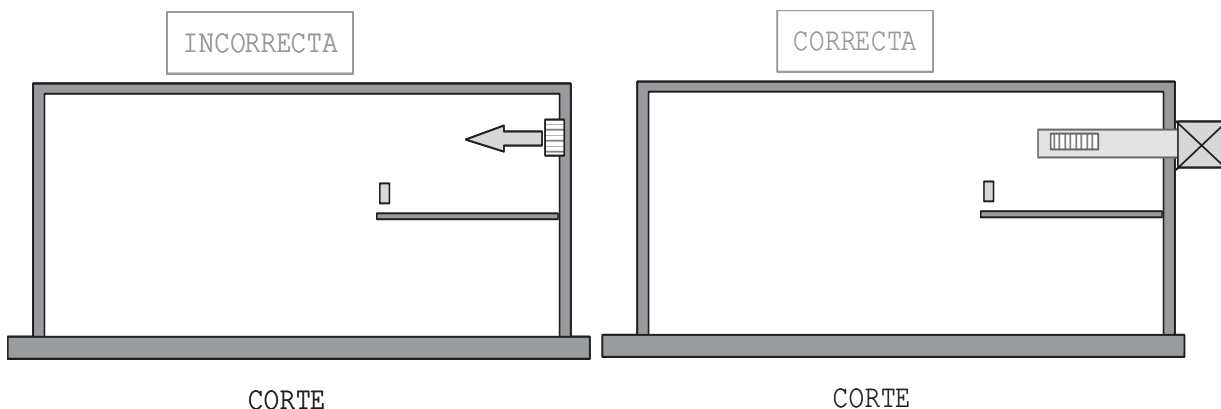
Costo mayor que el anterior, mejor distribución que por pasillo, pero no evita la corriente descendente de aire durante el invierno, a menos que se complemente con irradiación directa.

B) Bancos:

Los bancos tienen una carga térmica muy grande, y por lo general el espacio central tiene un cielorraso a gran altura. Si utilizamos en este caso rejillas laterales ubicadas en la pared, elevadas, se puede dar la segregación de la carga que se ubica en la parte superior, reduciéndose la carga de refrigeración.

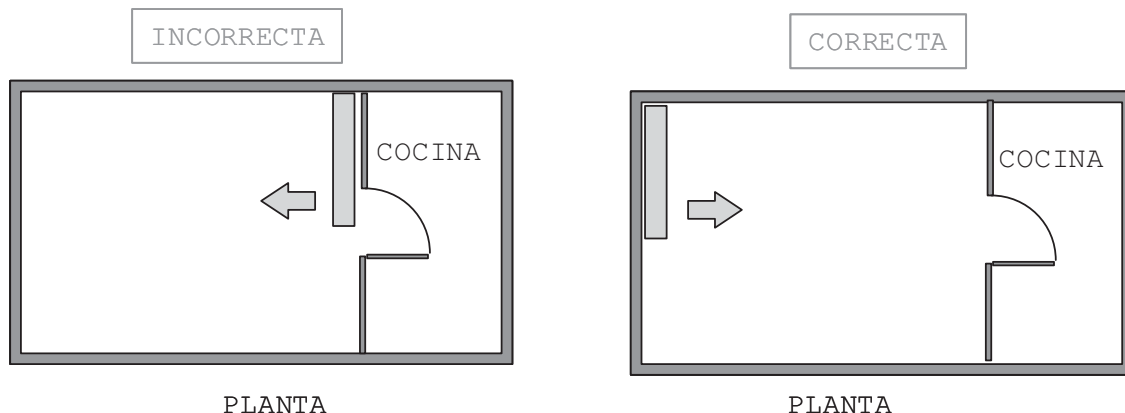


CORTE

C) Grandes almacenes:

Debe ponerse cuidado cuando se trata de acondicionar un entrepiso, ya que la salida de aire tiene tendencia a alcanzar una distancia de propulsión excesiva y los ocupantes pueden quedar excluidos de la zona refrigerada.

Las plantas bajas requieren normalmente más aire cerca de las puertas.

D) Restaurantes:

Es importante la ubicación de los equipos terminales tanto de impulsión como de extracción, respecto de la campana y ventanas de la cocina. Puede ocurrir que en la apertura y cierre de puertas de la cocina circule aire con los olores de cocción hacia el local acondicionado, hecho que debe evitarse.

E) Establecimientos comerciales:

1. Rejas de impulsión hacia la salida, ubicadas en el fondo del local:



Puede haber una elevada circulación de aire en el local. El alcance debe ser igual a la longitud del local, de ser menor se produciría una zona caliente por infiltración en las puertas.

Se debe evitar las corrientes descendentes cerca de las paredes.

2. Rejas de impulsión arriba de las puertas de salida:



PLANTA

Puede haber una elevada circulación de aire en el local. Puede producirse infiltración excesiva, debido a la inducción desde las aperturas de las puertas.

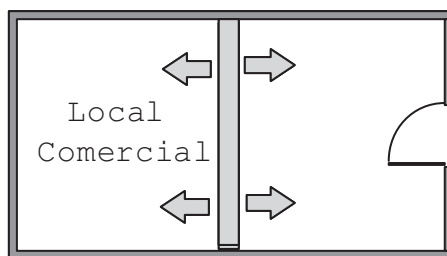
3. Rejas de impulsión en cada extremo:



PLANTA

Puede haber corrientes descendentes en el centro. Las rejillas de impulsión deben estar dimensionadas para alcances no mayores al 40 % de la longitud del local.

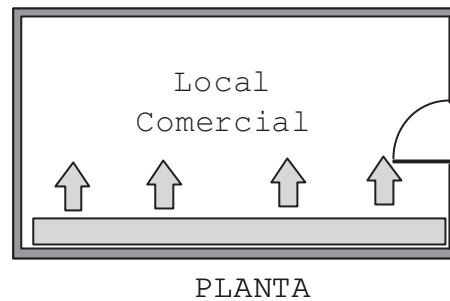
4. Rejas de impulsión ubicadas en el centro del local, con impulsión hacia los extremos:



PLANTA

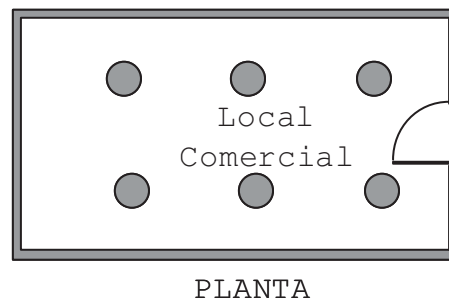
Circulación de aire moderada. Las rejillas de impulsión deben estar dimensionadas para alcances no mayores al 40 % de la longitud del local.

5. Rejas de impulsión ubicadas a lo largo de la pared lateral:



Circulación de aire moderada. Las rejillas de impulsión deben estar dimensionadas para alcances no mayores al 80 % del ancho del local, la impulsión exagerada puede producir corrientes descendentes en la pared opuesta.

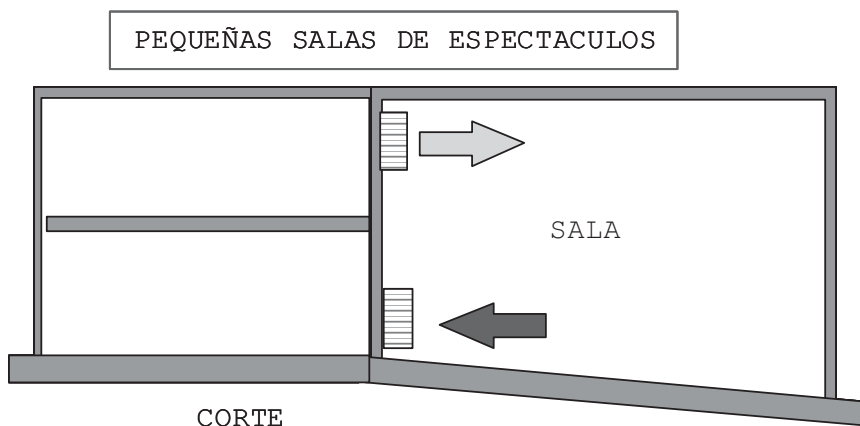
6. Difusores:



Mejor distribución del aire, pero costo elevado, además, se requiere mayor altura de techo.

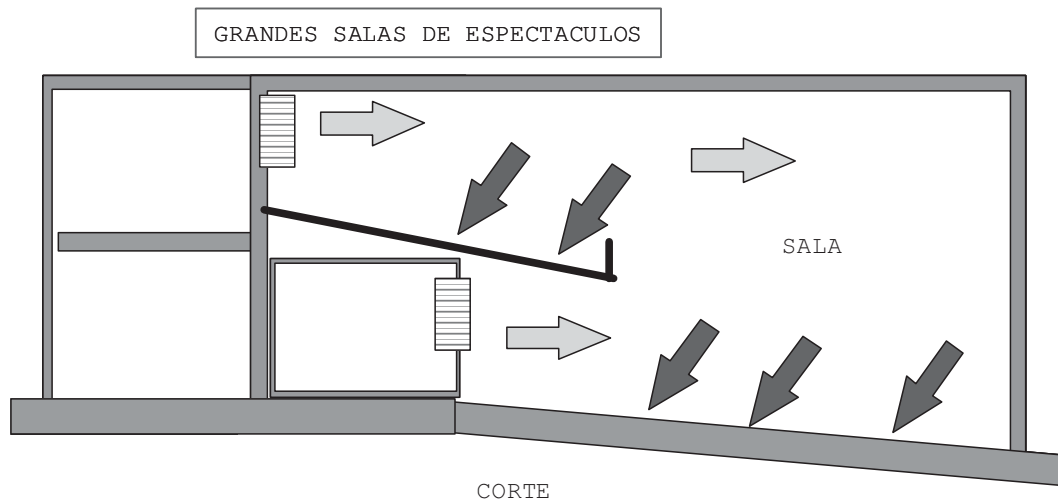
F) Teatros y Cines:

1. Sistema de inyección para teatros y cines chicos, sin anfiteatros:



Se ubican las rejillas de inyección y de extracción en el fondo de la sala. Existe posibilidad de que se formen zonas muertas en el frente y en el fondo de la sala. Es aconsejable realizar extracciones debajo de los asientos.

2. Sistema de inyección para teatros grandes, con anfiteatro:



El anfiteatro y la platea deben tener retornos separados, colocados preferentemente debajo de los asientos.

Las rejas de impulsión debajo del anfiteatro deben ser dimensionadas para que la distribución y la propulsión cubran únicamente la superficie situada directamente debajo del anfiteatro. La zona de la platea cerca de la orquesta debe ser acondicionada por el sistema del anfiteatro. Deben proveerse bocas de salida suplementarias para espectadores de pie cuando sea necesario.

4. Red de conductos: Cabe recordar que la misión de una red de Conductos es transportar el aire desde la planta de tratamiento a los locales a acondicionar, conductos de alimentación o de mando, y retornar el aire desde los ambientes acondicionados a la planta de tratamiento, conductos de retorno.-

Clasificación: Podemos clasificar a los conductos de distribución del aire por la velocidad y presión del aire dentro de los mismos.

Velocidad:

1. Acondicionamiento de aire para locales comerciales
 - a) Baja velocidad: hasta 12 m/seg. – Entre 6 y 12 m/seg
 - b) Alta velocidad: más de 12 m/seg
2. Acondicionamiento de aire para locales industriales
 - a) Baja velocidad: hasta 12 m/seg. – Entre 11 y 12 m/seg
 - b) Alta velocidad: de 12 m/seg a 15 m/seg

Normalmente el sistema de retorno de aire se proyecta casi siempre de baja velocidad.

Presión:

1. Baja presión: hasta 90 mm ca
2. Media presión: desde 90 mm ca hasta 180 mm ca
3. Alta presión: desde 180 mm ca hasta 300 mm ca

Las presiones indicadas son presiones totales incluyendo las pérdidas de carga dentro del equipo acondicionador, conductos y bocas de impulsión.

Los factores a tener en cuenta para el correcto diseño de la red, son los siguientes.-

- ❑ **Espacios disponibles para el pasaje de conductos.**
- ❑ **Velocidades admisibles del aire.**

- ❑ **Niveles de ruido tolerados.**
- ❑ **Pérdidas o ganancias de calor a través de los conductos.**
- ❑ **Fugas de aire.**
- ❑ **Pérdidas por fricción.**
- ❑ **Secciones a adoptar.**
- ❑ **Trazado de la red**

❑ **Espacios disponibles para el pasaje de conductos:** Presentan limitaciones que obligan al proyectista a adoptar un determinado sistema de distribución.

Por ello el trabajar con conductos embutidos o a la vista, en espacios previstos facilita el trazado y nos permite un desarrollo más coherente.

❑ **Velocidades admisibles del aire:** Las mismas dependen del tipo de local a acondicionar y varían no solo en función de ello, sino del tipo de conducto y la ubicación del mismo.

| DESIGNACION | Residencias | | Escuelas-teatros-Edif.Public. | | Edificios industriales | |
|----------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | Recomendada m/min | Máximo m/min | Recomendada m/min | Máximo m/min | Recomendada m/min | Máximo m/min |
| Tomas aire exterior | 150 | 240 | 150 | 270 | 150 | 360 |
| Salida ventilador | 400 | 500 | 500 | 600 | 600 | 800 |
| Conduitos principal | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
| Ramales horizontales | 180 | 250 | 200 | 300 | 300 | 400 |
| Ramales verticales | 150 | 200 | 200 | 300 | 250 | 400 |

❑ **Niveles de ruido:** Las velocidades planteadas en el punto anterior son consecuencia inmediata de los niveles de ruido tolerados.

Estos valores dependerán de la función del local y de las reglamentaciones vigentes de cada lugar.

❑ **Pérdidas o ganancias de calor:** A través de los conductos en general tienen como causa el pasaje de los mismos a través de locales no acondicionados o por entretechos afectados por temperaturas exteriores.

Esto ocurre, no solamente cuando el conducto atraviesa un local no acondicionado, sino, cuando el conducto es de gran longitud y atraviesa un espacio acondicionado.

Cuando el conducto atraviesa un espacio no acondicionado debe tenerse en cuenta en el cálculo de la carga térmica.

Desde el punto de vista del proyecto si hay que adoptar la forma rectangular, situación que generalmente ocurre por razones de espacio disponible, se debe adoptar una pequeña relación entre sus lados y velocidades de aire máximas admisibles, para disminuir las ganancias o pérdidas de calor en los conductos.

Si estos atraviesan locales sin acondicionar se los debe aislar.

❑ **Fugas de aire:** Para evitarlas se debe prestar especial cuidado a la ejecución de las uniones entre tramos de conductos, desviaciones, collares, equipos terminales, etc..

❑ **Pérdidas por fricción:** Se ocasionan en la resistencia que ofrece la red de conductos al pasaje del aire y se las debe evaluar a efectos de conseguir un trazado racional de dicha red.

Cuando la relación de forma de la sección rectangular es mayor a 3:1 se incrementa considerablemente las pérdidas por fricción. La sección circular es la de menor pérdida y por ende menor costo de explotación.

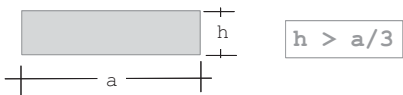
❑ **Secciones a adoptar:** Las secciones utilizados son circulares, cuadradas y rectangulares.-




La circular es la más conveniente en cuanto a la eficiencia en la distribución del aire y en cuanto a economía de chapa a utilizar.- Su principal desventaja es el alto costo de la mano de obra de fabricación para la ejecución de conductos, uniones, etc., además, ocupa mayor altura que las otras secciones.-

Las secciones cuadradas le siguen en eficiencia en cuanto a la circulación de aire y en cuanto a economía de chapa a utilizar, su desventaja es la necesidad de mayores alturas, que no siempre existen en los entretechos de los locales a acondicionar.-

Los rectangulares son los menos eficientes y esa eficiencia disminuye a medida que aumenta la relación ancho / alto.- Es el más utilizado pues posee la ventaja de poder utilizar bajas alturas y aprovechar al máximo los espacios disponibles. Nunca debe sobrepasarse de la relación ancho / alto igual a 3:1, si ello no es posible es conveniente utilizar dos conductos adosados.-

El cuadro siguiente muestra la comparación entre las secciones analizadas:



| SECCION | AREA | ALTURA | PERIMETRO |
|---|------------------|--------|-----------|
|  | 1 m ² | 1.13 m | 3.55 m |
|  | 1 m ² | 1.00 m | 4.00 m |
|  | 1 m ² | 0.60 m | 4.60 m |

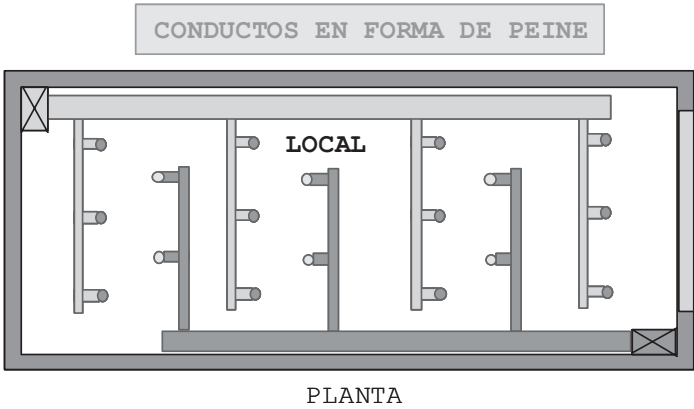
❑ **Trazado de la red:**

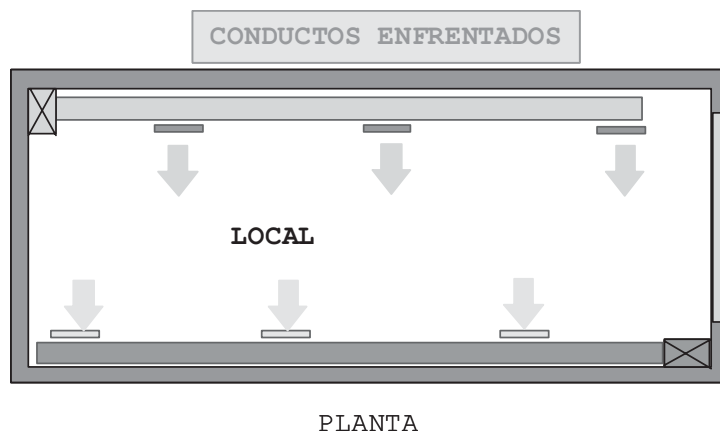
El trazado de una red de conductos deberá realizarse teniendo en cuenta las pautas que se indican a continuación:

- Evitar largos recorridos.
- Evitar recorridos tortuosos
- Evitar cruce de conductos a fin de no tener que prever entretechos de mucha altura.

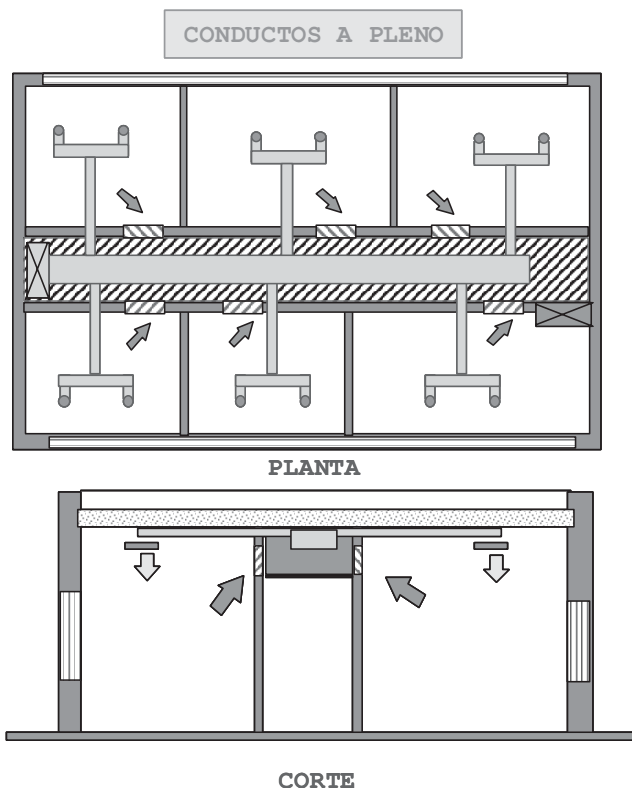
La diagramación final de los conductos de alimentación y retorno depende del diseño arquitectónico, de las dimensiones del local, ubicación de equipos terminales, etc., pero entre las formas más utilizadas se encuentran.

- Conductos enfrentados
- Conductos en forma de peine
- Conductos a pleno





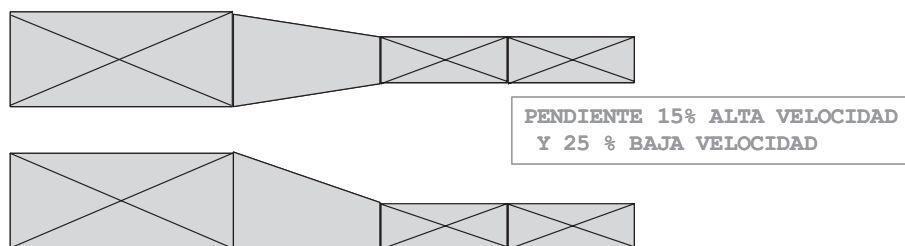
El tendido de conducto a pleno, no es muy aconsejable, se lo utiliza cuando es necesario ubicar los conductos de alimentación y retorno, en un espacio reducido, mínima altura de entrepisos. Se aprovechan en consecuencia, las diferencias de altura existentes entre distintos locales, pasillos por ejemplo, colocando siempre el retorno como pleno aprovechando todo el espacio del entretecho.



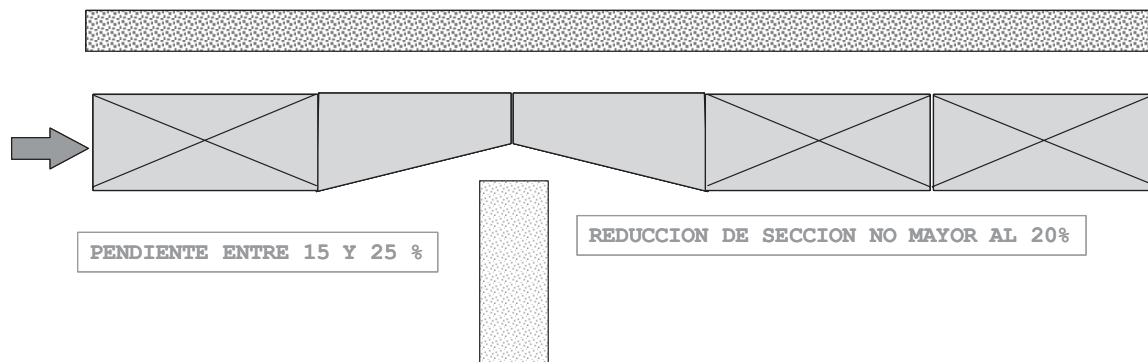
- **Consideraciones a tener en cuenta en el tendido de conductos:** Cuando realizamos el tendido de la red de conductos existen factores y accesorios que debemos contemplar en su dimensionado.

Estos son, las transformaciones, codos, acoplamientos, derivaciones, control del aire, sistemas cortafuegos, puertas de acceso y amortiguadores de sonido.

Transformaciones: Se emplean para unir dos conductos de diferente forma o sección. La inclinación recomendada es de 15 %, nunca sobrepasarse de un máximo de 25 %.



Si debe reducirse la sección del conducto por un obstáculo, dicha reducción no debe ser más de un 20 %. Si la sección aumentase la pendiente de transformación no debe pasar de un 15%.

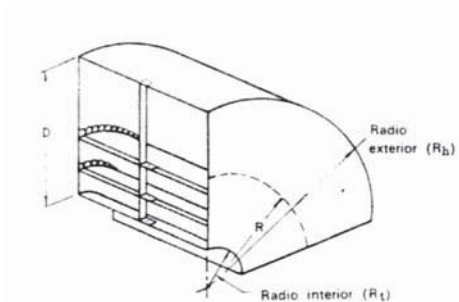


Por cálculo siempre existe una reducción de sección cuando reducimos el caudal, después de cada rama de derivación de caudal o de cada boca de impulsión, si la reducción de sección no implica modificar un lado en más de 5 cm, no es tenida en cuenta, debido a que para realizar dicha modificación salimos de la medida estándar de sección de conducto, acarreando un mayor costo de ejecución de la instalación. Las dimensiones de los conductos deben reducirse de 5 cm en 5 cm, preferentemente de un solo lado.

Codos: Para los cambios de dirección se utilizan codos de varios tipos.

Conducto rectangular:

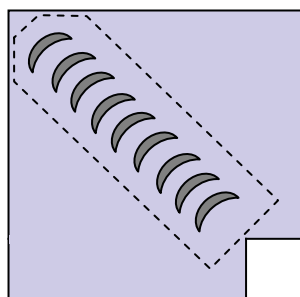
- Codo ordinario
- Codo reducido con aletas directrices
- Codo recto con aletas



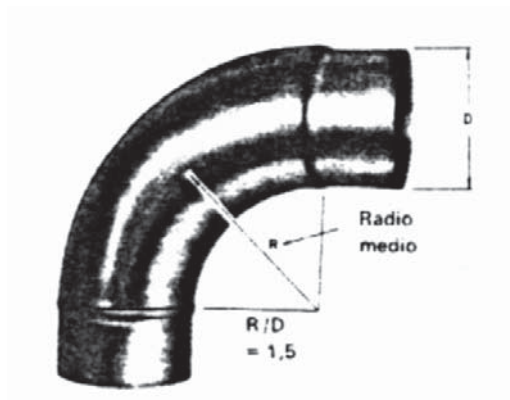
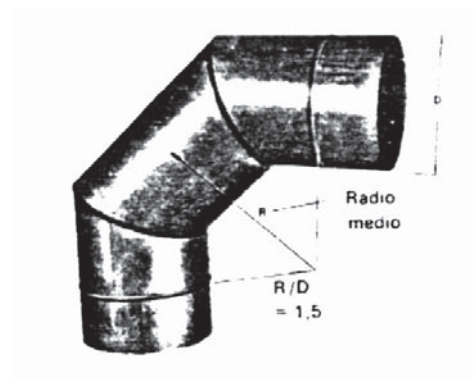
Codo reducido con aletas directrices

Conducto circular:

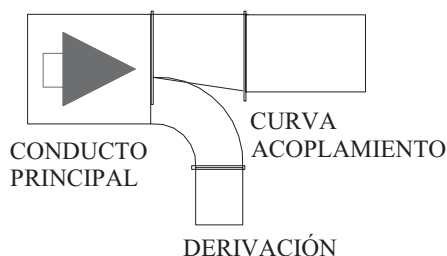
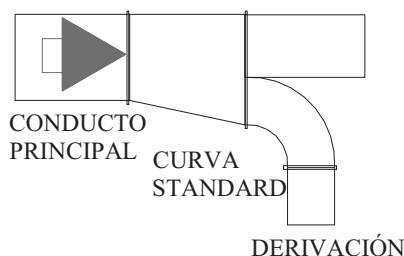
- Codo suave
- Codo de tres piezas
- Codo de cinco piezas.



Codo recto con aletas

**Codo suave****Codo de tres piezas**

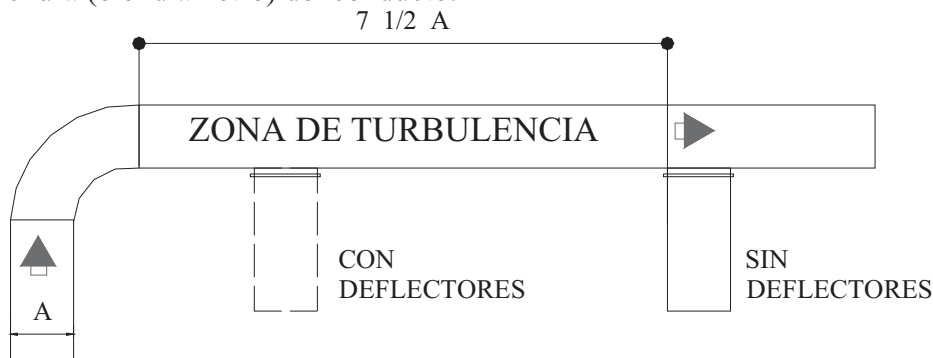
Derivaciones: Se pueden instalar varios tipos de derivaciones.



Tomas tipo dinámico

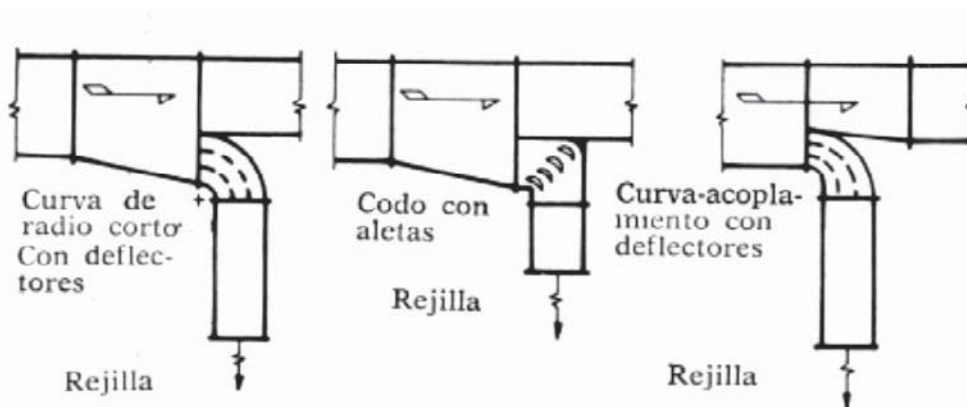
La figura nos muestra dos tomas de tipo dinámico, que aprovechan la velocidad del aire en el conducto principal para conducirlo a la derivación. La pérdida de presión en el caso en estudio, es aproximadamente igual a la que se produce en una curva de tipo normal.

Inmediatamente después de una curva la distribución de las velocidades del aire es desigual, la primera derivación deberá encontrarse a una distancia de dicha curva que no sea inferior a 7,5 veces la anchura (o el diámetro) del conducto.



Zona de turbulencia después de una curva.

En el caso de que la derivación esté próxima a un codo es necesario utilizar aletas directrices de chapa curvada o con perfil aerodinámico.

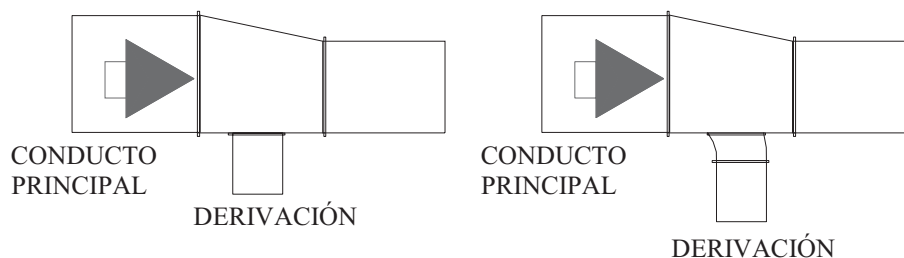


Empleo de deflectores o de aletas directrices para reducir la turbulencia del aire en caso de que los difusores se encuentren próximos a la curva.

(Reproducido de Service and Application Manual. de la Refrigeration Service Engineers Society).

Como después de la curva se presenta una zona de turbulencia es necesario prestar un cuidado especial cuando se realiza una toma de tipo dinámico si la curva se encuentra a poca distancia de una rejilla.

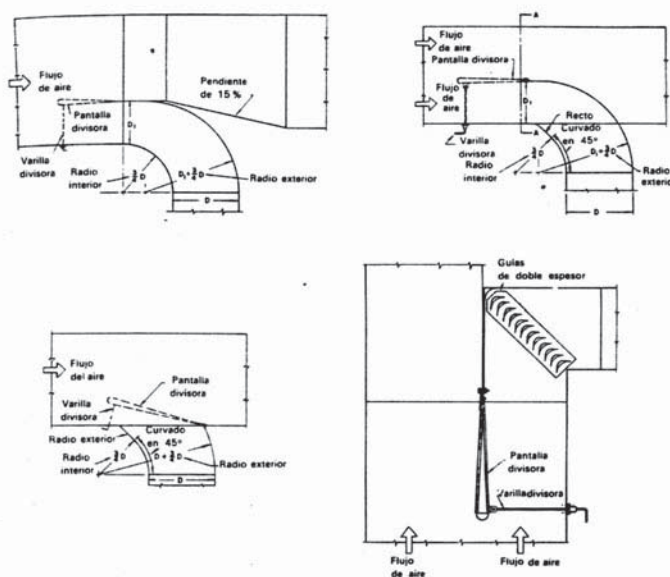
Si esta distancia es inferior a siete veces y media la anchura del conducto, o su diámetro, la curva deberá ser de un tipo apropiado o bien es necesario acudir a una toma de tipo estático.

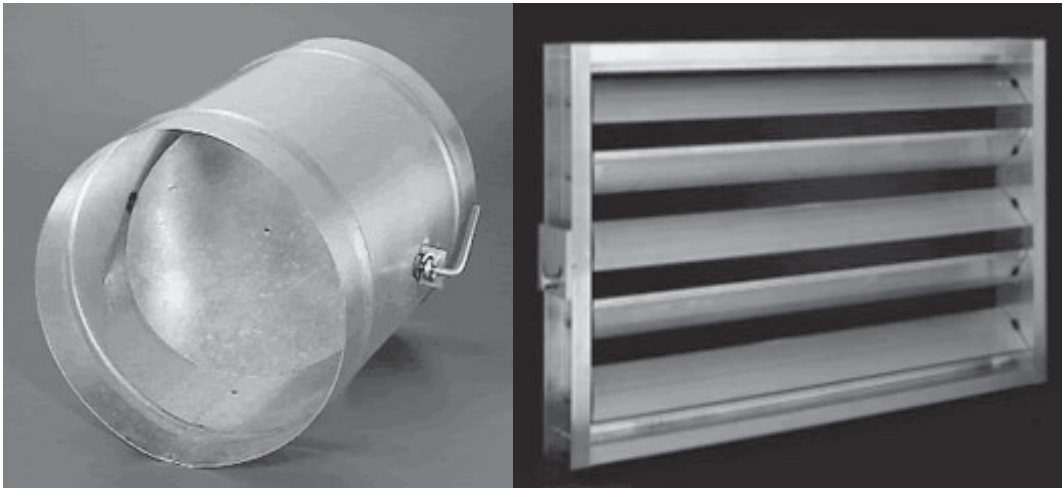


Tomas tipo estático

Estas últimas utilizan la presión estática en un conducto para conducir el aire a la derivación.

Regulación del aire: En los sistemas de distribución de baja velocidad, la corriente de aire hacia los ramales se regula por medio de compuertas.

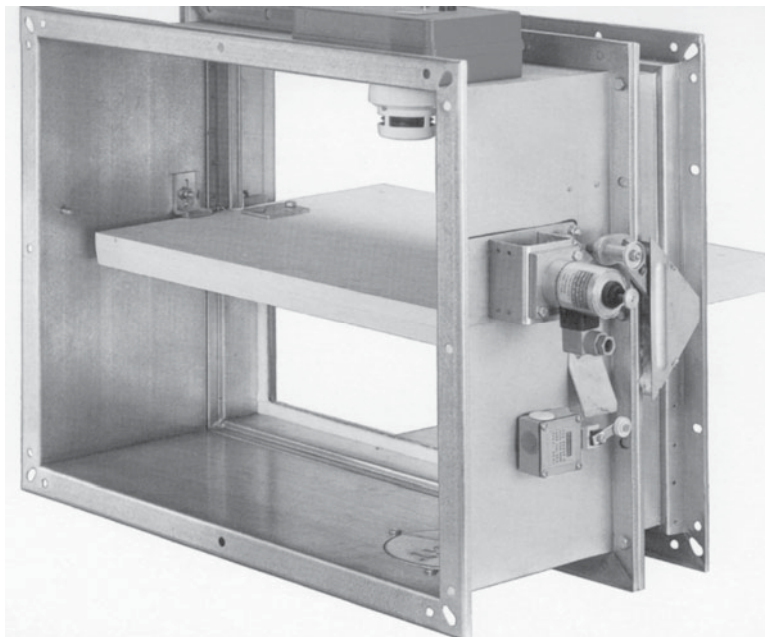


**Compuerta de regulación circular****Compuerta de regulación rectangular**

Cortafuegos: La colocación, empleo de cortafuegos suele ajustarse a las normas de seguridad contra la propagación del fuego y humos a través de los conductos.

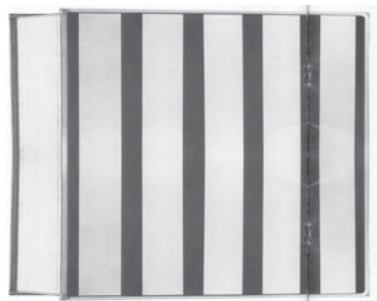
La pantalla de cierre puede girar sobre un eje vertical u horizontal, o puede utilizarse solamente en posición horizontal, como muestra la figura.

Cuentan con detectores de llama y humo para accionar su cierre.



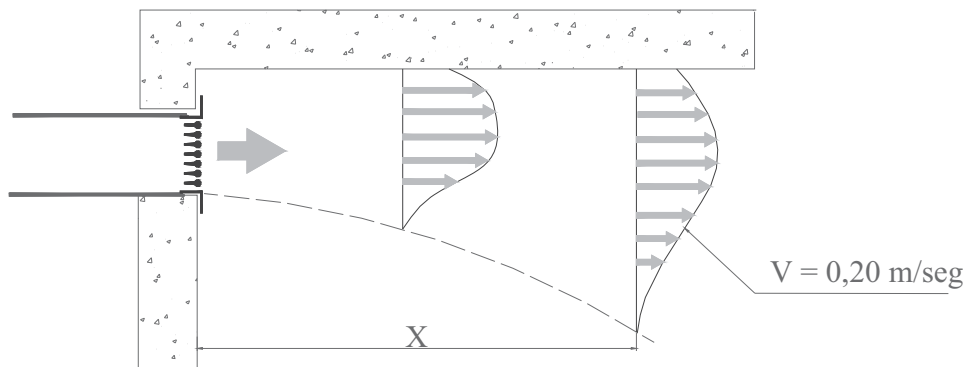
Compuertas de acceso: Las compuertas o paneles de acceso se instalan antes y después de los elementos instalados en los conductos. También son necesarias para el acceso a los elementos fusibles de los cortafuegos.

Amortiguadores de sonido: Son elementos intercalador en los conductos de inyección que permiten amortiguar el sonido que produce el aire en su desplazamiento. Producen una caída de presión importante que debe ser tomada en cuenta en el cálculo.



Juntas de lona: A los efectos de evitar la transmisión de ruidos y vibraciones, ocasionadas por los ventiladores, se colocan juntas de lona entre la cámara de tratamiento y ventilador, y entre conducto de impulsión y ventilador.

□ **Efecto techo:** Aparece cuando entre la rejilla y la superficie de limitación no hay el espacio necesario ($h = \text{dos veces la altura de la rejilla}$) para que se cree un remolino de aire suficientemente grande que garantice la sustitución del aire arrastrado por el aire primario.



Los factores más importantes que afectan a la aparición del efecto de techo son los siguientes:

- Forma de la abertura por la que fluye el aire.
- Distancia de la salida del aire y la superficie que produce la desviación.
- Velocidad de salida del aire.
- Ángulo de desviación del chorro.

El efecto techo limita la reducción de la velocidad del aire y la estabilización de la temperatura como consecuencia del proceso de mezcla, siendo estos procesos mucho más rápidos en el chorro libre que en el chorro de techo.

Este efecto debe ser contemplado en el proyecto.

CAPITULO X

DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

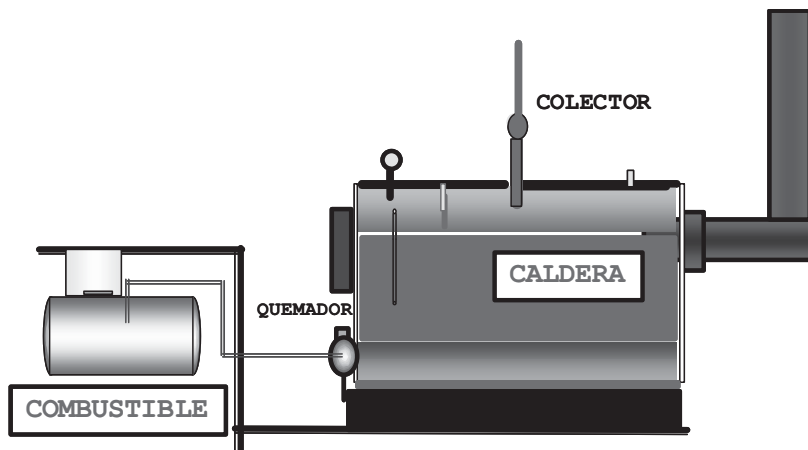
X.1 INTRODUCCIÓN

En los dos últimos capítulos hemos visto la teoría del diseño de una instalación de aire acondicionado, en el presente desarrollaremos una metodología de cálculo de una instalación de aire acondicionado, que a los efectos prácticos veremos el proceso para un sistema central de acondicionamiento de aire.

Cabe recordar que un sistema central de acondicionamiento de aire esta compuesto por la planta térmica, calefacción y refrigeración, planta de tratamiento, filtros, baterías de refrigeración, batería de calefacción, humidificadores, deshumidificadores, rejas, ventilador de impulsión, etc., red de conductos de mando, retorno y equipos terminales.

X.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA TÉRMICA

X.2.1 Planta térmica de calefacción



□ Dimensionamiento de la Caldera:

Para el dimensionamiento de la caldera, debemos previamente haber realizado el balance térmico de todos los locales a calefaccionar. Además debemos establecer si el proyecto cuenta con agua caliente central, el cual deba ser suministrado por la caldera que estamos dimensionando. Con lo que tendremos:

Datos:

$$QBT \text{ (Balance térmico total) } = \sum QB_{local}$$

$$QTI \text{ (Tanque intermediario) } = \frac{CapTI \times (tsag - teag)}{Ts}$$

CapTI = Capacidad del tanque intermediario en litros

teag = temperatura de entrada del agua al tanque intermediario, aprox. 283 °K (10°C).

tsag = temperatura de salida del agua a calentar por el tanque intermediario, aprox. 333 °K (60°C).

Ts = tiempo de suministro de agua caliente, se adopta 1 hora.

$$QC \text{ (Calefacción + agua caliente) } = QBT + QTI$$

Adicionales:

Al Qc se le debe adicionar un:

- 15 % QC por servicio intermitente
- 10 % QC por resistencia en desvíos de cañerías
- 5 % QC por pérdidas en la aislación de las cañerías

Capacidad de la Caldera:

$$QT = 1,3 \times QC$$

□ Dimensionamiento del quemador

Con el QT, el tipo de combustible con que alimentamos a la caldera y el grado de automaticidad proyectada como datos, determinamos de la tabla correspondiente el quemador que vamos a necesitar.

De tabla obtenemos el máximo consumo de gas o combustible liquido del quemador .

□ Dimensionamiento del conducto para la evacuación de los productos de combustión:

La sección del conducto de humos estará dada por:

$$S = \frac{QT}{\sqrt{H}} * \beta$$

S = Sección del conducto de humos en cm²

QT = Cantidad de calorías que produce efectivamente la caldera , capacidad máxima del quemador.

H = Altura del conducto de humos

β = Coeficiente según el combustible utilizado

Para hulla β = 0,033

Para petróleo β = 0,025

Para gas β = 0,018

□ Dimensionamiento del tanque de combustible:

Para dimensionar el tanque de combustible debemos considerar el consumo máximo que tiene el quemador, dato que obtuvimos en el dimensionamiento del quemador.

| | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Consumo máximo horario del quemador | Ccomb [kg/h] |
| Peso específico del combustible | Pecomb [kg/dm ³] |

Diesel-Fuel oil Pecomb = 0,87 kg/dm³

Fuel oil Pecomb = 0,90 kg/dm³

Debemos tener en cuenta también, si el funcionamiento de la caldera es continuo o intermitente. Con estos datos obtenemos el consumo diario de combustible.

$$Cdcomb = Pecomb * Ccomb * Tfcald = [\text{litros/día}]$$

Tfcald = tiempo de funcionamiento diario de la caldera

Además debemos conocer:

Iacomb = intervalo de aprovisionamiento de combustible [días]

Finalmente el volumen total del tanque de combustible será:

-Consumo de combustible durante el intervalo de aprovisionamiento:

$$CIa = Iacomb. * Cdcomb$$

-Reserva mínima y volumen para impureza decantada:

$$Rmi = 5 \% * CIa$$

-Adicional de seguridad por variación de volumen de entrega de combustible:

$$Ave = 10 \% * CIa$$

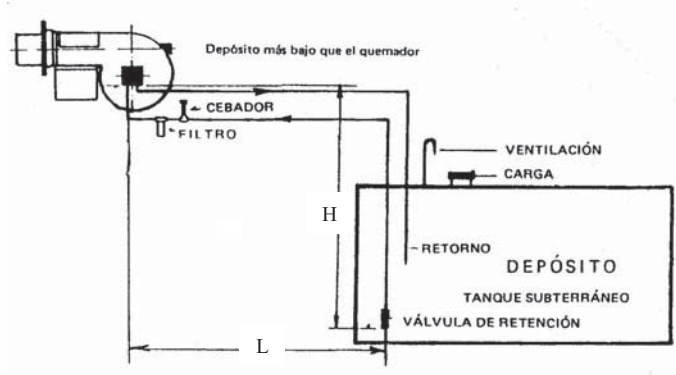
$$\text{Volumen Del tanque de combustible} = 1,15 \times CIa$$

□ Dimensionamiento de las cañerías de combustible

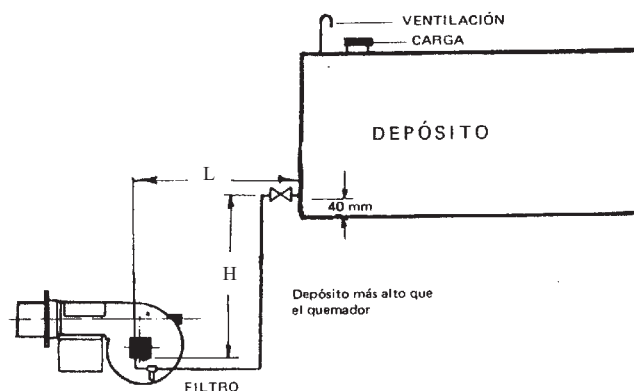
El tanque de combustible puede estar ubicado bajo o sobre el nivel del quemador. Teniendo como datos el desplazamiento vertical y horizontal entramos a la tabla respectiva de acuerdo al tipo de combustible y obtenemos la cañería de alimentación del quemador.

Cota H : distancia vertical existente entre el ingreso de la cañería al quemador y el filtro ubicado dentro del tanque de combustible

Cota L : distancia horizontal existente entre el ingreso de la cañería al quemador y el filtro ubicado dentro del tanque de combustible



□



| Desnivel | Desplazamiento Horizontal | | Desnivel | Desplazamiento Horizontal | |
|------------------|----------------------------------|-------|------------------|----------------------------------|-------|
| Cota H metros | Cota L metros Para cañería | | Cota H metros | Cota L metros Para cañería | |
| | 3/8" | 1/2" | | 3/8" | 1/2" |
| 3,00 | 20,40 | 75,00 | -0,30 | 12,90 | 47,40 |
| 2,70 | 19,80 | 72,60 | -0,60 | 12,30 | 45,00 |
| 2,40 | 19,60 | 69,90 | -0,90 | 11,70 | 42,90 |
| 2,10 | 18,30 | 67,50 | -1,20 | 10,80 | 39,90 |
| 1,80 | 17,70 | 64,80 | -1,50 | 10,20 | 37,20 |
| 1,50 | 17,10 | 61,80 | -1,80 | 9,60 | 35,10 |
| 1,20 | 16,50 | 60,00 | -2,10 | 9,00 | 32,40 |
| 0,90 | 15,60 | 57,60 | -2,40 | 8,10 | 30,00 |
| 0,60 | 15,00 | 54,90 | -2,70 | 7,50 | 27,60 |
| 0,30 | 14,40 | 52,50 | -3,00 | 6,60 | 24,90 |
| 0,00 | 13,50 | 50,10 | -3,30 | 5,70 | 22,20 |

❑ Dimensionamiento de la alimentación del quemador a gas

Tenemos como dato el consumo máximo de gas del quemador y además la longitud de la cañería interna, desde el medidor hasta el quemador. Con estos datos ingresamos a tabla obteniendo el diámetro de la cañería de suministro de gas a la caldera.

❑ Dimensionamiento del pozo de enfriamiento de la caldera:

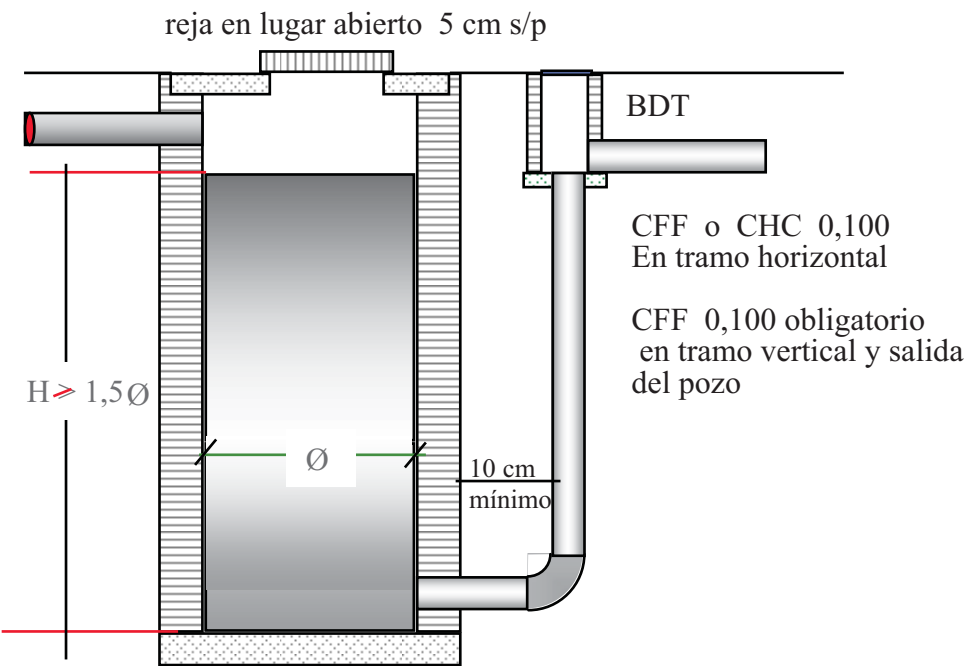
De tabla obtenemos la capacidad de agua de la caldera, al que denominaremos Vagua.

$$\text{Volumen del pozo de enfriamiento} = 2 * V_{\text{agua}}$$

- Capacidad < ó = a 300 litros Con reja y bombeo manual
- Capacidad > a 300 litros Con caño de ventilacion Ø 0,100 - Bombeo mecánico

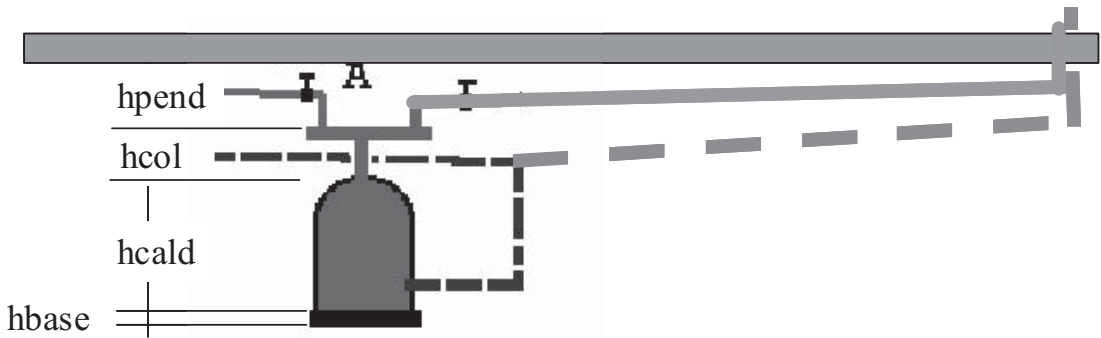
La capacidad del pozo debera ser igual al doble de la capacidad de la caldera de mayor volumen si hay más de una, más el recipiente mayor.

La profundidad del pozo debe exeder a la medida de cualquiera de sus lados. La planta podra ser de forma cuadrada, rectangular o circular.



❑ Sistema calefacción por agua caliente

- Altura mínima de la sala de maquinas-



Datos:

| | |
|--|-------------------------------|
| Base de asiento de la caldera | $h_{base} = 0,15 \text{ m}$ |
| Altura de la caldera | $h_{cald.} = \text{de tabla}$ |
| Altura para armar el colector | $h_{colec.} = 1,00 \text{ m}$ |
| Altura para posibilitar la pendiente del tramo más alejado | $h_{pend.} = 0,50 \text{ m}$ |

Altura sala de máquina = $h_{base} + h_{cald} + h_{colec} + h_{pend}$

□ Calefacción por vapor a baja presión

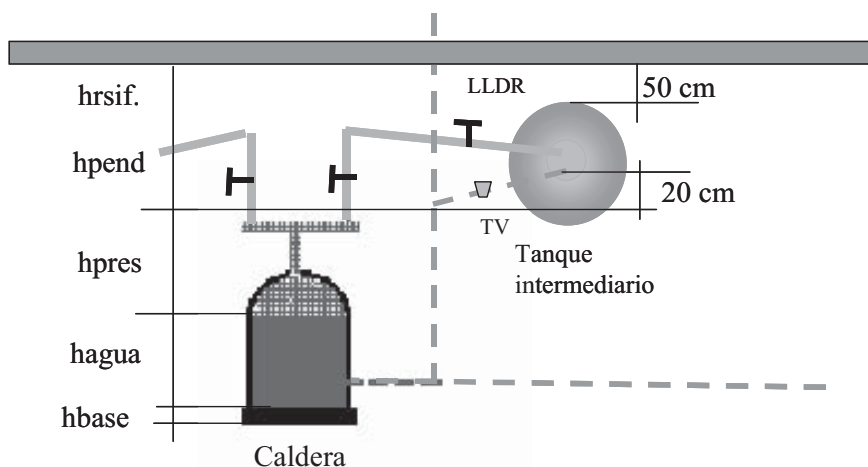
- **Altura mínima de la sala de máquinas,** sin instalación de agua caliente central.

Datos:

| | |
|---|----------------------------------|
| -Base de asiento de la caldera | $h_{base} = 0,15 \text{ m}$ |
| -Altura del nivel de agua fuera de servicio | $h_{agua} = \text{de tabla}$ |
| -Altura equivalente a la presión teórica de trabajo | $h_{pres} = \text{presión en m}$ |
| -Altura por pendientes de cañerías montante y retorno más alejado (p:1/100) | $h_{pend} = 2 * 0,01 * L$ |
| Siendo L longitud horizontal en m del montante más alejado | |
| -Altura remanente del sifón | $h_{rsif.} = 0,20 \text{ m}$ |

$$\text{Altura sala de máquina} = h_{base} + h_{agua} + h_{pres} + h_{pend} + h_{rsif}$$

Altura mínima de la sala de máquinas, con instalación de agua caliente central.

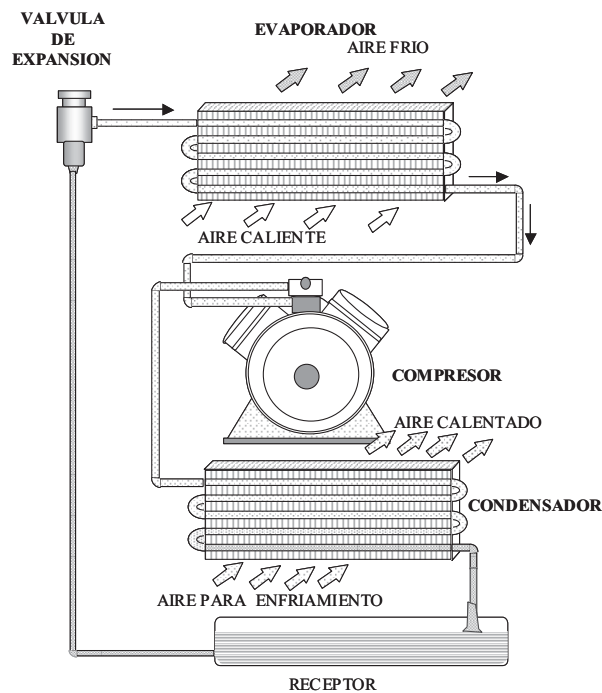


Datos:

| | |
|--|-----------------------------------|
| - Base de asiento de la caldera | $h_{base} = 0,15 \text{ m}$ |
| - Altura del nivel de agua fuera de servicio | $h_{agua.} = \text{de tabla}$ |
| - Altura equivalente a la presión teórica de trabajo | $h_{pres} = \text{presión en m}$ |
| - Altura del tanque intermediario | $h_{tint} = \text{diámetro en m}$ |
| - Altura colector del tanque int. | $h_{colt} = 0,50 \text{ m}$ |

$$\text{Altura sala de máquina} = h_{base} + h_{agua} + h_{pres} + h_{tint} + h_{colt}$$

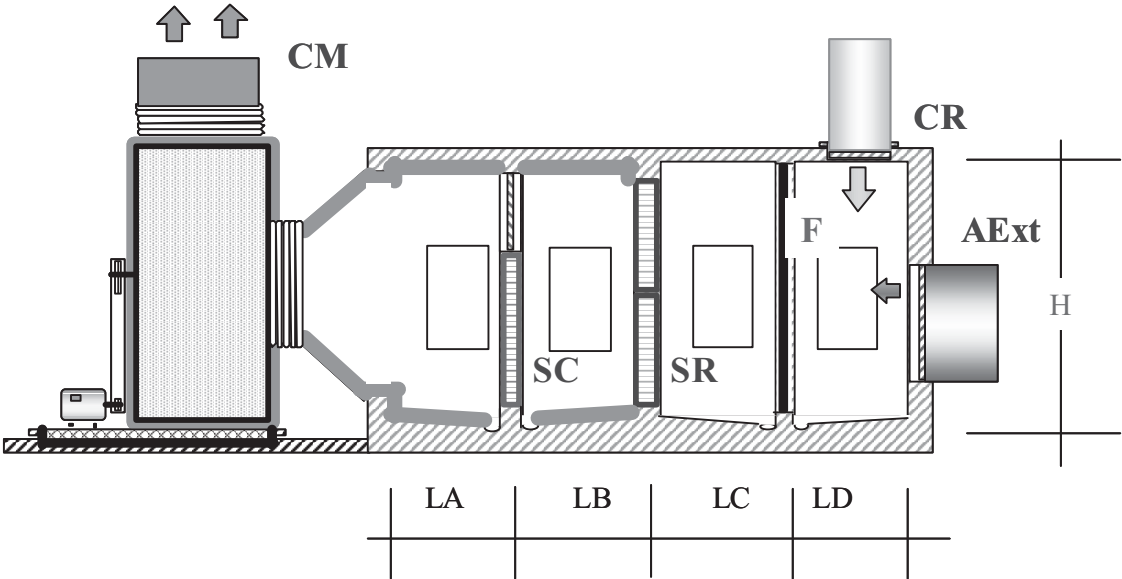
X.2.2 PLANTA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN:



La maquina frigorífica se puede elegir según catalogo del fabricante con los siguientes datos, ver capitulo V:

- CaM = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire
- t3 = temperatura de aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire
- t4 = temperatura de aire de mando
- t5 = PRA = temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire
- Potencia frigorífica N_R

X.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:



❑ **Planta de Tratamiento:**

• **Sección de la Planta de Tratamiento:**

$$S = CaM / Va$$

S = Sección de la planta de tratamiento

CaM = Caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire

Va = 90 m/min (velocidad del aire a través de los filtros)

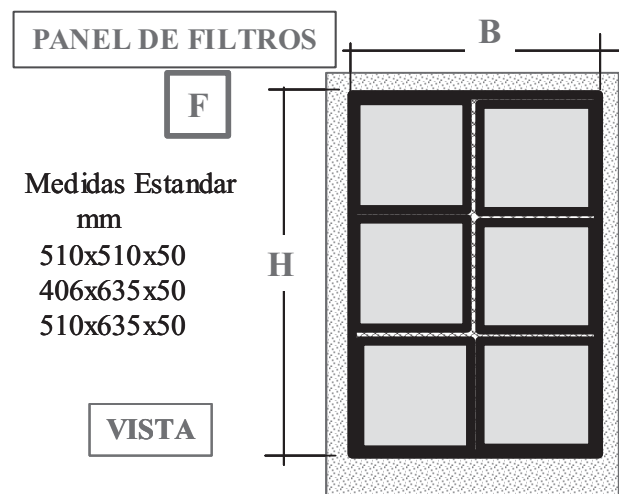
• **Longitud de la Planta de Tratamiento**

La longitud de la planta de tratamiento depende de los espacios necesarios para limpieza y reparación de los elementos que la componen, baterías, filtros, rejillas, deshumidificadores, etc., varía entre 5 a 6 metros aproximadamente.

$$LP = LA + LB + LC + LD + \text{Acoplamiento} \approx 5 \text{ a } 6 \text{ m}$$

• **Panel de filtros**

Seleccionado el tipo de filtro a emplear, son de medidas estándar, y con la sección determinada de la cámara de tratamiento, podemos determinar el ancho y alto que ocupará el panel de filtros, de acuerdo con el tamaño y la distribución de los filtros.



$$S = CaM / Va = B \times H$$

• **Batería de refrigeración**

Debido a la gran cantidad de tipos de baterías que se construyen, para especificarlas según el sistema de expansión que utilizemos podremos indicar:

CaM = Caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire para el ciclo verano.

Vf = Velocidad frontal del aire, entre 1,5 m/seg a 3,5 m/seg.

t3 = temperatura de aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire.

t4 = temperatura de aire de mando, salida equipo terminal.

f = factor de by-pass

$t_5 = PRA$ = temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire.

V_f = Velocidad frontal del aire, entre 1,5 m/seg a 3,5 m/seg.

En la práctica se selecciona la batería, número de filas, paso entre aletas y dimensiones, con el factor de bay-pass y la velocidad del aire según la aplicación, ver tabla N° 15, para luego calcular el punto de rocío del aparato.

• Batería de calefacción

La selección de la batería de calefacción se realiza partiendo de los siguientes datos:

$Ca_{Minv.}$ = caudal aire de mando hacia el local desde la unidad acondicionadora de aire, para el ciclo invierno.

V_f = Velocidad frontal del aire, entre 1,5 m/seg a 3,5 m/seg.

t_3 = temperatura de aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, para el ciclo inviernal.

t_4 = temperatura de aire de mando para el ciclo inviernal, a la salida equipo terminal.

Determinándose de tablas, número de filas, una o dos filas, paso de aletas y dimensiones de la batería de calefacción.

• Ventilador

La potencia absorbida en el eje de un ventilador se calcula con la formula:

$$N = \frac{Q \times \Delta p_t}{3.600 \times 75 \times \eta} \quad [CV]$$

Q = Caudal de aire en m^3 / hora – en nuestro caso caudal de aire mezcla (porcentaje de aire exterior + porcentaje de aire interior recirculado)

Δp_t = Presión total desarrollada por el ventilador en mmca

η = Rendimiento total del ventilador.

Los valores de η oscilan en el caso de ventiladores centrífugos entre:

0,3 a 0,5 ventiladores centrífugos pequeños, equipos ventana, fancoil individuales, etc.

0,5 a 0,7 ventiladores centrífugos medios, equipos compactos, fancoil zonales, etc.

0,7 a 0,9 ventiladores centrífugos grandes, sistema central.

La presión total, (Δp_t), que debe entregar el ventilador es la necesaria para vencer la resistencia que encuentra el aire en su movimiento en una cierta red de conductos que constituyen el circuito del ventilador.

Dicha resistencia para un determinado circuito y para un peso específico del aire dado, varía con el caudal según leyes que dependen de las características particulares del circuito en objeto. Si el ventilador alimenta varios ambientes por medio de una red, la caída total de presión entre la boca del ventilador y cada uno de los ambientes servidos será la misma. De la misma manera, en el caso de conducto de recirculación, la caída total entre toma y la boca aspirante del ventilador será idéntica para todas ellas.

Por lo tanto diremos que la presión total que debe suministrar el ventilador estar formada por:

1. Pérdidas en la red de conductos conformada por:

- Las pérdidas por rozamiento en los tramos rectos y
- Las pérdidas por turbulencias, o localizadas, o dinámicas, o accidentales que se verifican en las uniones, curvas, derivaciones, obstrucciones, etc.

2. Presión en los equipos terminales – Presión en la boca de salida necesaria para inyección del aire al local más las pérdidas a través de los equipos terminal, reja o difusor.

3. Pérdidas en la planta de tratamiento conformada por:

- Panel de filtros
- Baterías de refrigeración – Preenfriamiento, enfriamiento y posenfriamiento.
- Baterías de calefacción - Precalentamiento, atemperación y poscalentamiento.
- Humidificador
- Deshumidificador
- Pérdidas de presión media a través de alguno de los elementos componentes de la planta de tratamiento:

| | | |
|-----------------------------------|-------|-------------|
| Panel filtros normales | | 4 a 8 mmca |
| Panel filtros de alto rendimiento | | 8 a 15 mmca |
| Baterías de refrigeración | | 8 a 15 mmca |
| Baterías de calefacción | | 2 a 8 mmca |

X.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE CONDUCTOS DE BAJA VELOCIDAD

El dimensionamiento de la red de conductos requiere tener definido el trazado de la misma para ello debemos conocer de los equipos terminales tanto de inyección como de retorno, las características, posiciones y caudales de aire.

Para determinar los caudales de aire que maneja cada equipo terminal, nos podemos valer de la carga térmica sensible del local.

$$Q_{sl} = 0,35 \times Caml \times (ti - te)$$

Qsl = Ganancia o pérdida de calor sensible del local. [W]

Caml = caudal de aire que se inyecta al local [m³/h]

ti = temperatura interior [°K]

te = temperatura exterior [°K]

El análisis de la distribución de los caudales lo podemos realizar para plantas libres o para plantas compartimentadas.

En el primer caso bastará con hacer la distribución del caudal en forma proporcional al número de bocas que han sido proyectadas.

$$Cam \text{ boca} = Csl / n^{\circ} \text{ de bocas}$$

Para las plantas compartimentadas en cambio se deberá distribuir el aire de acuerdo a la cantidad de calor sensible a absorber en cada local.

$$Csl = Csl \text{ local1} + Csl \text{ local2} + Csl \text{ local3} + \dots$$

$$Cam \text{ boca1} = Qsl \text{ local1} / n^{\circ} \text{ de bocas del local1}$$

El objetivo del proyectista de la red de conductos es obtener las dimensiones de cada tramo de forma que la velocidad y la presión en cada punto sean las adecuadas.

El dimensionamiento de los diferentes tramos de la red de conductos puede realizarse por los siguientes métodos:

- 1. Reducción de velocidad.-
- 2. Igualdad de pérdida por rozamiento o pérdida de carga constante.-
- 3. Recuperación de presión estática.-

Cuando se haya efectuado el dimensionamiento se podrá valorar la caída de presión en los conductos de impulsión y de recirculación, así como la eventual necesidad de montar compuertas de regulación en algunos de los ramales. De ser posible, se deberá efectuar el cálculo de la red, de manera que la red quede equilibrada, además, la construcción de la red puede modificar la resistencia en la circulación del aire, según el cuidado que se tuvo al ejecutarla. Por ello siempre es conveniente que los ventiladores como los motores, deberán ser elegidos con un cierto margen de seguridad y deberán montarse en la instalación una serie de compuertas destinadas a regular el aire en las diferentes derivaciones, con el fin de evitar problemas que deberán ser salvados en su posterior puesta a punto.

1. Dimensionamiento de los conductos por el método de reducción de velocidad.-

Los conductos son dimensionados fijando la velocidad a la salida del ventilador de impulsión y reduciendo empíricamente dicha velocidad en los tramos sucesivos normalmente en correspondencia con alguna de las derivaciones.

Para limitar convenientemente el nivel sonoro, las velocidades que se adoptarán en los diferentes casos no deberán superar a los valores máximos indicados en la siguiente tabla:

Velocidades recomendadas y máximas para sistemas de baja velocidad m/min

| DESIGNACION | Residencias | | Escuelas-teatros-Edif.Public. | | Edificios industriales | |
|----------------------|-------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------|--------|
| | Recomendada | Máximo | Recomendada | Máximo | Recomendada | Máximo |
| Tomas aire exterior | 150 | 240 | 150 | 270 | 150 | 360 |
| Salida ventilador | 400 | 500 | 500 | 600 | 600 | 800 |
| Conduitos principal | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
| Ramales horizontales | 180 | 250 | 200 | 300 | 300 | 400 |
| Ramales verticales | 150 | 200 | 200 | 300 | 250 | 400 |

Valores que han sido determinados realizando un gran número de experimentos. La presión necesaria en el ventilador se calculará para el tramo del circuito que posea una mayor pérdida de carga y deberá ser como mínimo igual a ésta.

Este sistema es rara vez empleado, exige una gran experiencia y se adapta tan sólo a los casos prácticos más sencillos.

Perdidas: En la red de conductos de aire la velocidad de circulación no es constante, disminuye a medida que circula. Además, en las derivaciones se producen cambios de velocidad al reducirse el caudal circulante. Si la velocidad disminuye la presión aumenta, este aumento de presión se traduce en “recuperación de energía estática”.

• **Las pérdidas por rozamiento:** La caída de presión debida al rozamiento puede determinarse matemáticamente, sin embargo, se utiliza preferentemente un diagrama que en el eje de las ordenadas tiene el caudal de aire en m³/h y en accisas la caída de presión en milímetros de columna de agua. El diagrama de “**Pérdidas por rozamiento en conductos circulares Marelli**” nos permite calcular las pérdidas de carga por rozamiento producidas en un conducto circular rectilíneo de sección constante construido con chapa galvanizada por el

que circula aire en condiciones standard, de presión y temperatura, 760 milímetros de Hg a 294 °K (21°C).

En la práctica este diagrama puede ser utilizado sin errores sensibles dentro del campo de temperaturas propio del acondicionamiento del aire, entre 283 °K (10 °C) y 323 °K (50 °C), y para alturas sobre el nivel del mar de hasta 700 m.

El conducto de sección circular equivalente, se define como aquel conducto que tiene la misma longitud, el mismo caudal y la misma pérdida de carga por rozamiento que el conducto rectangular.

La tabla N° 16 nos permite calcular, a partir de las dimensiones de un conducto rectangular, el diámetro del conducto circular equivalente o viceversa.

Cuando se trata de seleccionar un conducto con sección rectangular deberá tenerse en cuenta que los de sección cuadrada representan la solución más económica y que el costo de éstos a igualdad de pérdida de presión por metro lineal aumenta notablemente con la relación entre los lados mayor y menor.

- **Pérdidas localizadas o accidentales:** Estas pérdidas de carga se verifican cuando la velocidad del aire en el conducto experimenta variaciones en su dirección y/o en su magnitud, debidas a la presencia de acoplamientos, curvas, derivaciones, obstrucciones, etc.

Estas pérdidas deben sumarse a las ocasionadas por rozamiento, que se verifican a lo largo de toda la longitud del conducto, incluyendo también las pérdidas llamadas localizadas o accidentales debidas a la presencia de acoplamientos, curvas, derivaciones, obstrucciones, etc.

Un método para valorar las pérdidas accidentales o localizadas es el conocido como método de la longitud equivalente, en las que las pérdidas de presión dependen también del coeficiente de rozamiento.

Con este método a cada accidente le corresponde una longitud equivalente adicional de conducto recto en el que dicho accidente está situado.

Esta longitud equivalente adicional, multiplicada por la caída de presión por metro lineal propia del conducto que conduce el caudal de aire en objeto, nos dará la caída de presión adicional a través del accidente que debe añadirse a la que se verifica a lo largo del citado tramo de conducto recto.

Se define como longitud total equivalente de un conducto a la suma de la longitud efectiva del conducto y de las longitudes equivalentes adicionales de los diferentes accidentes montadas sobre el mismo.

Multiplicando la longitud total equivalente por la caída de presión por mmca/m propia del conducto considerado para el caudal de aire fijado, se obtiene la caída total de presión a lo largo del conducto y de sus accidentes.

2. Dimensionamiento de los conductos por el método de igualdad de pérdida por rozamiento o pérdida de carga constante.-

Es el método más empleado para las instalaciones de baja presión.-

El dimensionado de los conductos se basa en la hipótesis de que se mantenga constante la pérdida de carga por metro lineal en toda la red.

Debemos ser cuidadosos si la instalación consta de tramos cortos y largos, el más corto exige mucho amortiguamiento. Un sistema de este tipo es difícil equilibrar porque el método de pérdida de carga constante no tiene en cuenta el equilibrio de caídas de presión en las distintas ramas, además, no se puede considerar una misma presión estática en cada boca terminal ni igualar caídas de presión en las distintas ramas.

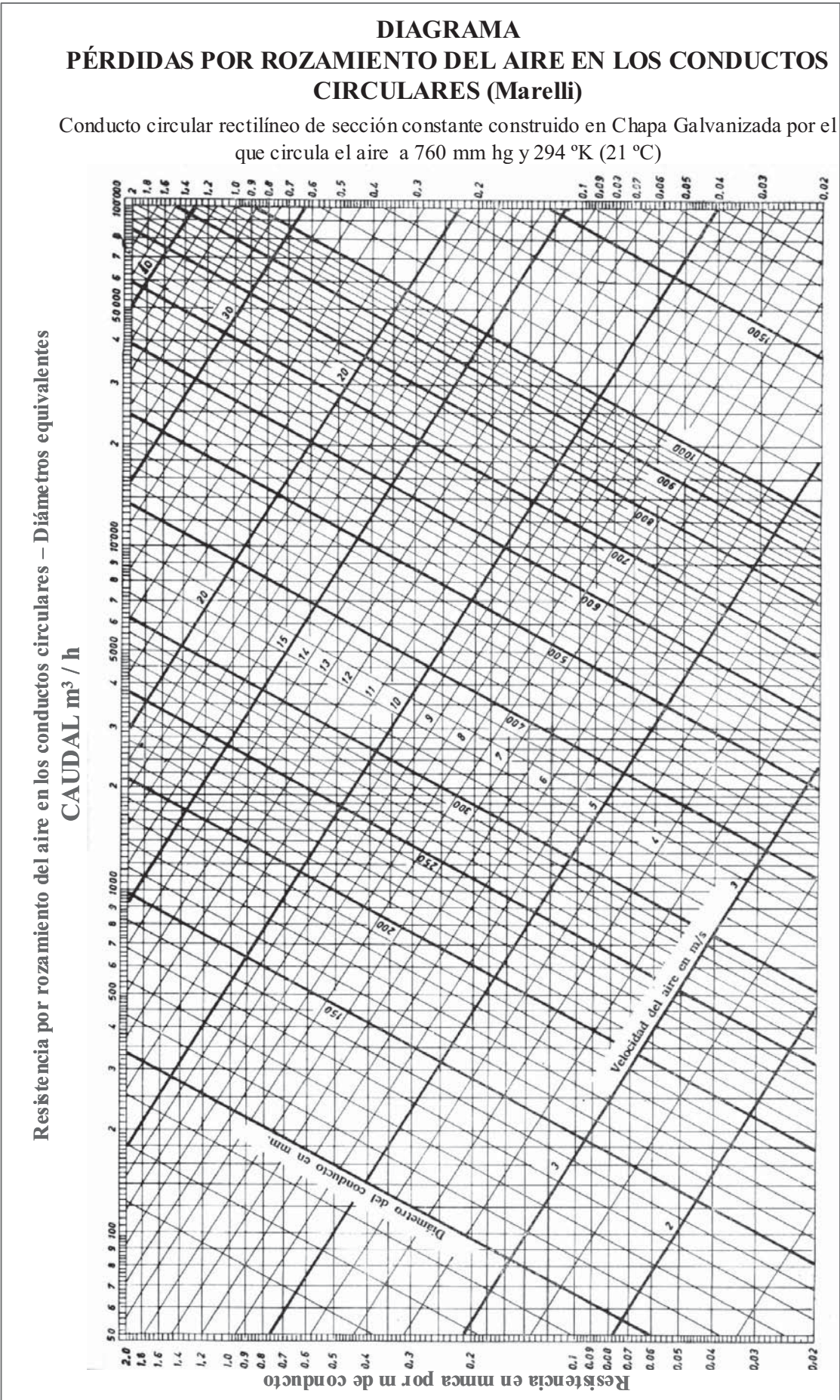
El proceso de cálculo es el siguiente, se debe adoptar la velocidad en el conducto de mando principal a la salida en el ventilador, de acuerdo con los niveles sonoros admisibles, adoptar el máximo posible, y determinar el caudal de aire de mando en el conducto de mando principal,

ubicándolos en el diagrama “Pérdidas por rozamiento en conductos circulares Marelli” podrá determinar en su intersección el diámetro necesario si la sección fuera circular y en accisa el valor de la pérdida de carga en este tramo de conducto. Mediante la tabla N° 16 “Diámetros equivalentes” podremos pasar de la sección circular a la rectangular.

El valor de la pérdida de carga determinada en este tramo de conducto se mantendrá constante para dimensionar la totalidad de la red.

La caída de presión en el sistema de distribución del aire se obtendrá multiplicando la longitud total equivalente del circuito más desfavorable, generalmente el que conduce al difusor más alejado, por la pérdida de carga anteriormente fijada.

Como la pérdida unitaria es constante para toda la red de conductos, los difusores más próximos al ventilador precisarán normalmente compuertas destinadas a estrangular el paso del aire, sin embargo, deberemos tener siempre en cuenta que la pérdida de presión a través de las mismas deberá permanecer dentro de ciertos límites para evitar que se produzcan ruidos que podrían ser molestos.



3. Dimensionamiento de los conductos por el método de recuperación de presión estática:

Se dimensiona considerando que la velocidad del aire en el conducto es reducida en cada derivación o equipo terminal en proporciones tales que la conversión de presión dinámica en presión estática así obtenida equilibre exactamente a la caída de presión del aire en el tramo de conducto sucesivo. De esta manera obtendremos la misma presión estática en todas las embocaduras de las diferentes derivaciones y equipos terminales obteniendo un sistema de distribución del aire equilibrado sin necesidad de recurrir a dispositivos de estrangulamiento.

Se comienza calculando el tramo de conducto que se encuentra inmediatamente después del ventilador, debe ser dimensionado para una velocidad que asegure un funcionamiento silencioso. Seleccionada una velocidad inicial para la descarga del ventilador y con el caudal de mando se dimensiona la primera sección con la tabla N° 16.

Las demás secciones se dimensionan por medio del diagrama “Relación L/Q” y el diagrama “Recuperación estática en baja velocidad”. Donde “Q” es el caudal de aire que circula por la rama y la longitud (L) es la equivalente, prescindiendo de las transformaciones, entre dos bocas o dos ramas de la sección de conducto a dimensionarse.

La velocidad antes de cada derivación, el caudal de aire después de ésta y la longitud equivalente del tramo de conducto sucesivo son los parámetros empleados para calcular la velocidad del aire en dicho tramo. Para esta velocidad las presiones estáticas en la embocadura de la derivación considerada y en la sucesiva serán idénticas.

Toda la red de conductos es dimensionada siguiendo ese criterio y se realiza siguiendo el sentido del movimiento del aire.

En algunos casos las disminuciones de las secciones que serían necesarias realizar después de una determinada derivación es tan pequeño que no se justifica realizarlas, desde el punto de vista constructivo, una variación de las dimensiones del conducto o incluso, también por motivos constructivos, se adopta una variación superior.

Si se efectúa una comparación entre el método de dimensionamiento con pérdida de carga constante y con el de recuperación de presión estática, llegaremos a la conclusión de que con este último es necesario adoptar dimensiones de conductos mayores pero menores necesidades de potencia y una puesta a punto de la instalación más rápida.

DIAGRAMA PARA DETERMINAR LA RELACIÓN L/Q

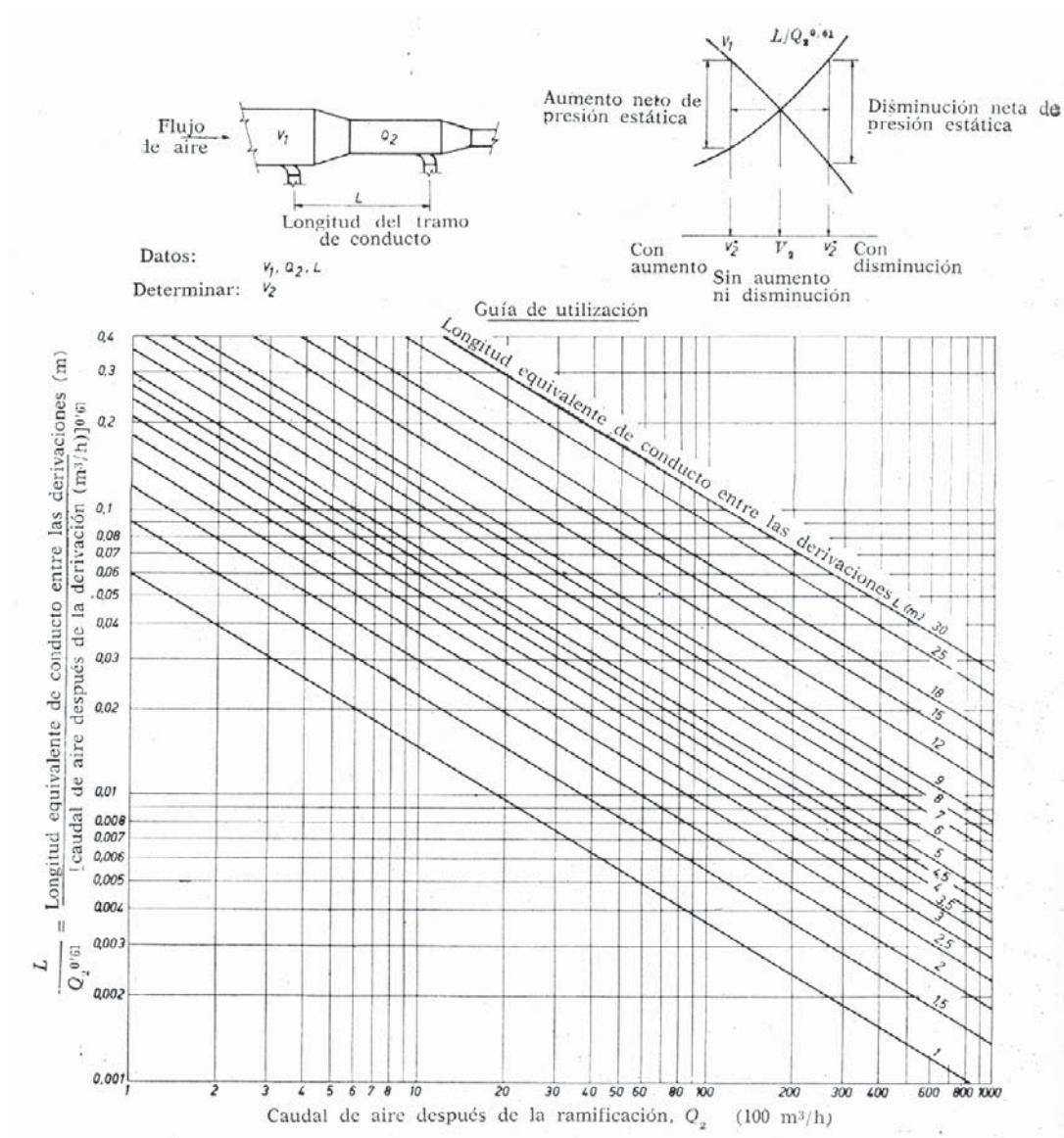
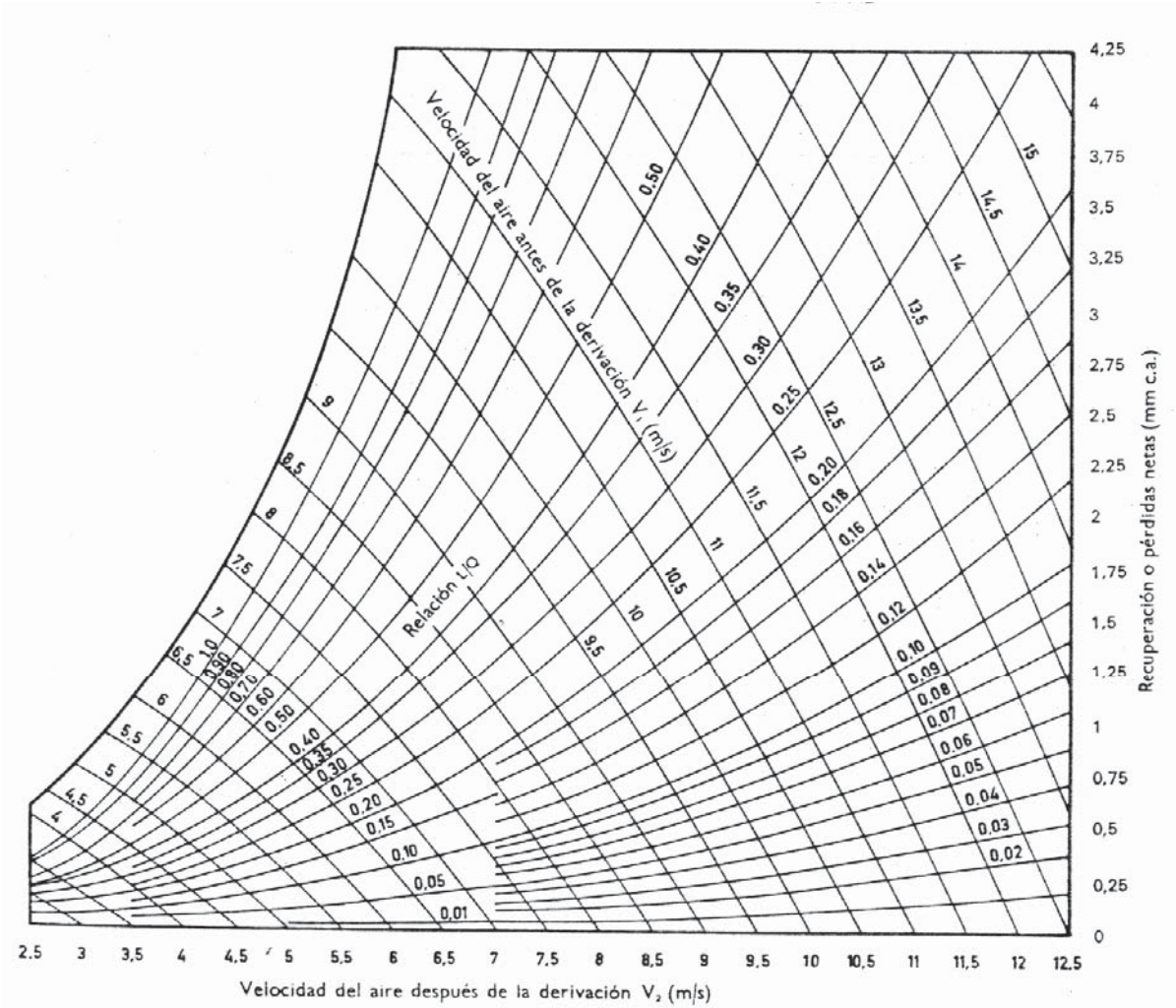


Diagrama de recuperación estática en baja velocidad
Diagrama de la recuperación de presión estática para determinar la velocidad después de una derivación.



X.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS TERMINALES:

□ Rejas:

Seleccionado el tipo de reja de acuerdo a la forma, material y ubicación, procedemos a dimensionarla, para ello se utilizan tablas o graficos, suministrados por el fabricante.

Si la reja es de impulsión las tablas o graficos permiten distintas posibilidades de dimensionamiento: rejas de deflexión simple o doble, a su vez con distintos ángulos de divergencia de las aletas. Definido el tipo de reja, deflexión y ángulo de divergencia, se procede de la siguiente forma:

1. Se determina el caudal de aire a inyectar por la reja en m^3 / h , o m^3 / min , unidades de acuerdo a la tabla o gráfico que se utilice. Ver determinación Cam boca
2. Se determina el alcance X en metros y la velocidad recomendadas de salida del aire en m/seg o m/min según la tabla o gráfico que se utilice.
3. Con el Cam boca (Q_0) y el alcance X, seleccionamos en la tabla o gráfico el largo y el alto de la reja seleccionada.
4. Determinada las dimensiones se debe verificar que la velocidad de salida sea aceptable según el nivel sonoro que requiera el local.
5. Tambien se determina la pérdida de presión a la salida de la reja, para poder calcular el ventilador.

Por ejemplo si tenemos que dimensionar una reja impulsión, RID, para un dormitorio, cuadrada, doble deflexión, $\beta = \text{Ángulo de divergencia de las aletas} = 30^\circ$, procedemos:

1. $Q_0 = \text{Caudal de aire impulsado por la reja} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$

$X = \text{Distancia recorrida por el chorro en dirección horizontal} = 0,8 \times 3,5 = 3,08 \text{ m}$

$V = \text{Velocidad máxima a la salida de la reja} = 2,5 \text{ m}/\text{seg}$ para Vivienda.

2. $L = \text{Largo de la reja} = 200 \text{ mm}$
 $H = \text{Alto de la reja} = 200 \text{ mm}$

3. $V_{\text{eff}} = \text{Velocidad efectiva del aire a la salida de la reja} = 2,4 \text{ m}/\text{seg} < 2,5 \text{ m}/\text{seg}$
 para Vivienda

4. $A_{\text{pt}} = \text{Pérdida de presión} = 0,56 \text{ mm. Cda}$
 $A_{\text{ef}} = \text{Área efectiva de salida de una reja} = 0,026 \text{ m}^2$

| TABLA DE SELECCION PARA REJAS DE IMPULSIÓN - | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---|-----|-----|------------------------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
| RIS | L x H | 200 x 100 | | | 300 x 100 200 x 150 | | | 400 x 100 | | | 300 x 150 | | | |
| RID | L x H | | | | | | | 200 x 200 | | | | | | |
| Qo m³/h | Aef | 0,012 | | | 0,019 | | | 0,026 | | | 0,031 | | | |
| | Deflexión β |  | | | | | | 30° | | | 45° | 0° | 30° | 45° |
| 100 | Veff | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | Veff | | | | | | | | | | 1,8 | 2,3 | 1,3 | 1,5 |
| | X | | | | | | | | | | 2,5 | 1,7 | 3 | 2,1 |
| | Apt | | | | | | | | | | 3,2 | 4,1 | 1,9 | 2,2 |
| 200 | Veff | | | | | | | | | | 2,4 | 2,9 | 1,8 | 2,1 |
| | X | 6,4 | 4,5 | 3,1 | 5,1 | 3,6 | 2,6 | 4,5 | 3,1 | 2,3 | 4 | 2,7 | 2 | |
| | Apt | 21 | 28 | 33 | 8,2 | 11 | 13 | 4,3 | 5,6 | 7,1 | 3,2 | 4,3 | 5,2 | |
| 300 | Veff | 6,9 | 7,9 | 9,7 | 4,4 | 5,1 | 6,2 | 3,2 | 3,7 | 4,5 | 2,7 | 3,1 | 3,8 | |
| | X | 9,4 | 6,5 | 4,7 | 8 | 5,5 | 4 | 7 | 4,8 | 3,5 | 6 | 4,4 | 3 | |
| | Apt | 47 | 61 | 74 | 19 | 25 | 31 | 10 | 13 | 16 | 7,1 | 9,4 | 11 | |
| 400 | Veff | | | | 5,8 | 6,7 | 8,2 | 4,3 | 4,9 | 6,1 | 3,6 | 4,1 | 5,6 | |
| | X | | | | 10,5 | 7,3 | 5,2 | 9 | 6,2 | 4,5 | 8 | 5,5 | 4 | |
| | Apt | | | | 22 | 44 | 52 | 18 | 26 | 29 | 13 | 16 | 21 | |

Nivel de rumorosidad < 25 db < 30 db Vivienda horario nocturno.

Si la reja es de retorno las tablas o graficos permiten distintas posibilidades de dimensionamiento: rejas sin deflexión, tipo rejilla o aletas con inclinación fija, o con simple deflexión. Definido el tipo de reja, se procede de la siguiente forma:

- 1 Se determina el caudal de aire a extraer por la reja en m³ / h, o m³ / min según la tabla o gráfico que se utilice.
- 2 Se determina la velocidad recomendadas de salida del aire en m/seg o m/min según la tabla o gráfico que se utilice.
- 3 Con el Car boca (Qo) y la velocidad, seleccionamos en la tabla o gráfico el largo y el alto de la reja seleccionada.

• Difusores:


Seleccionado el tipo de difusor de acuerdo a la forma, material y ubicación, procedemos a dimensionarlo, para ello se utilizan tablas o graficos, suministrados por el fabricante. Si el difusor es de impulsión debe ser con regulación. Definido el tipo de difusor, se procede de la siguiente forma:

- 1. Se determina el caudal de aire a inyectar por la reja en m³ / h, o m³ / min, unidades según la tabla o gráfico que se utilice.
Ver determinación Cam boca.-
- 2. Se determina el alcance X (distancia vertical desde el difusor hasta el plano de trabajo) en metros y la velocidad recomendadas de salida del aire en m/seg o m/min según la tabla o gráfico que se utilice.
- 3. Con el Cam boca (Qo) y el alcance X, seleccionamos en la tabla o gráfico el diámetro si el difusor seleccionado es circular y largo y el ancho del difusor seleccionado si el difusor es cuadrado o rectangular.
- 4. Determinada las dimensiones se debe verificar que la velocidad de salida sea aceptable según el nivel sonoro que requiera el local.

5. Tambien se determina la pérdida de presión a la salida de la reja, para poder calcular el ventilador.

Por ejemplo si tenemos que dimensionar un difusor de impulsión circular, con regulación, para un local comercio, procedemos:

- 1. Q_0 = Caudal de aire impulsado por el difusor = 400 m³/h
- 2. X = Distancia recorrida por el chorro en dirección horizontal, distancia vertical desde el difusor hasta el plano de trabajo = 3,6 – 1,2 = 2,4 m
- 3. V = Velocidad máxima a la salida del difusor = 3,33 m/seg para Vivienda.

| TABLA DE SELECCIÓN - DIFUSORES CIRCULARES | | | | | |
|---|-------|---|----------------------------|-----|-----|
| DIMENSIÓN | Aef |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | |
| NOMINAL | (m2) | | 2 | 2,5 | 3 |
| 8" | 0,014 | Q | 230 | 280 | 340 |
| | | APt | 15 | 24 | 34 |
| | | Vef | 4,6 | 5,7 | 6,9 |
| | | X0,25 | 2,7 | 3,4 | 4,1 |
| | | X0,5 | 1,4 | 1,7 | 2 |
| | | Lw (A) | 36 | 40 | 44 |
| 10" | 0,02 | Q | 350 | 440 | 530 |
| | | APt | 19 | 30 | 43 |
| | | Vef | 4,9 | 6,2 | 7,4 |
| | | X0,25 | 3,5 | 4,4 | 5,3 |
| | | X0,5 | 1,8 | 2,2 | 2,6 |
| | | Lw (A) | 39 | 43 | 47 |

- 4. D = Diámetro del difusor = 250 mm = 6"
- 5. V_{eff} = Velocidad efectiva del aire a la salida del difusor = 2,5 m/seg < 3,33 m/seg para Vivienda

$X = 2,4\text{ m} > X_{0,5} = 2,2\text{ m}$
0,5 m/seg velocidad máxima admisible en el plano de trabajo. Velocidad a la que se vuelan los papeles = 30 m/min = 0,5 m/seg

- 6. A_{pt} = Pérdida de presión = 0,62 mm. ca
 A_{ef} = Área efectiva de salida de una reja = 0,02 m²
Nivel de rumorosidad = 43 db < 55 db comercial

X.6 CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS:

Para mejor comprensión de los métodos de cálculo desarrollaremos un ejemplo:

Datos:

Sistema de conductos para una oficina pública, sin sectorizar

Cam = Caudal total de aire a impulsar = $4.400 \text{ m}^3/\text{h}$

10 Difusores que suministran Cam boca = $440 \text{ m}^3/\text{h}$

8 Rejas de retorno Car boca = $440 \text{ m}^3/\text{h}$

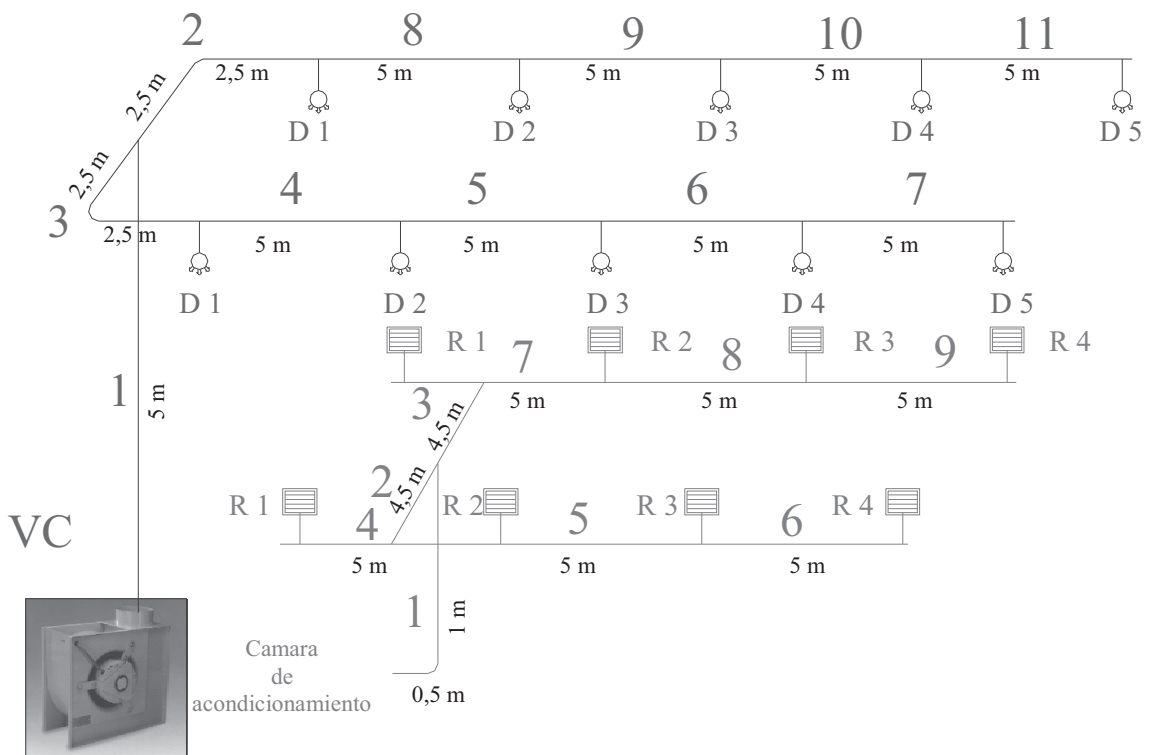
Car = Caudal total de aire de retorno = $3.520 \text{ m}^3/\text{h}$

Radio de los codos R/D = 1,5

Presión en los difusores = 3 mmca

Presión en las rejas = 2 mmca

Sistema de red de conductos de baja presión



Calcular:

1. Por el método de Recuperación estática y el de Pérdida de carga constante las secciones, dimensiones en los conductos, pérdida de carga en el conducto principal de mando, desde el ventilador, VC, hasta el ultimo difusor, D5. Presión estática en la toma
2. Por el método de Recuperación estática y el de Pérdida de carga constante las secciones, dimensiones en los conductos, pérdida de carga en el conducto principal de retorno, desde la reja R 4 , hasta la camara de acondicionamiento. Presión estática en la descarga del ventilador.
3. Comparación del método de Recuperación estática con el de Pérdida de carga constante.

Solución:

1) Metodo de perdida por rozamiento constante

• Calculo Red de Impulsión:

a) La sección del conducto a la salida del ventilador y del tramo 1 será igual:

Se adopta una velocidad de 5 m/seg a fin de que verifiquen las velocidades limites en la red.

$Sam = 4400 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ seg} \times 5 \text{ m/seg} = 0,244 \text{ m}^2$ $D= 560 \text{ mm}$

b) Conducto rectangular equivalente $L= 755 \text{ mm} \times H = 350 \text{ mm}$

c) La pérdida de carga unitaria para un conducto de $D = 560\text{mm}$ y $Q = 4400 \text{ m}^3/\text{h}$ es igual a :
 $\Delta p_e = 0,048 \text{ mmca} / \text{m}$ (Ver diagrama adjunto)

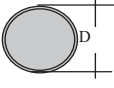
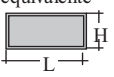
Para calcular las perdidas por accidentes se calcula la longitud equivalente adicional

$leq \text{ Curva a } 90^\circ = 12 \times L$ para $L/D = 1,5$

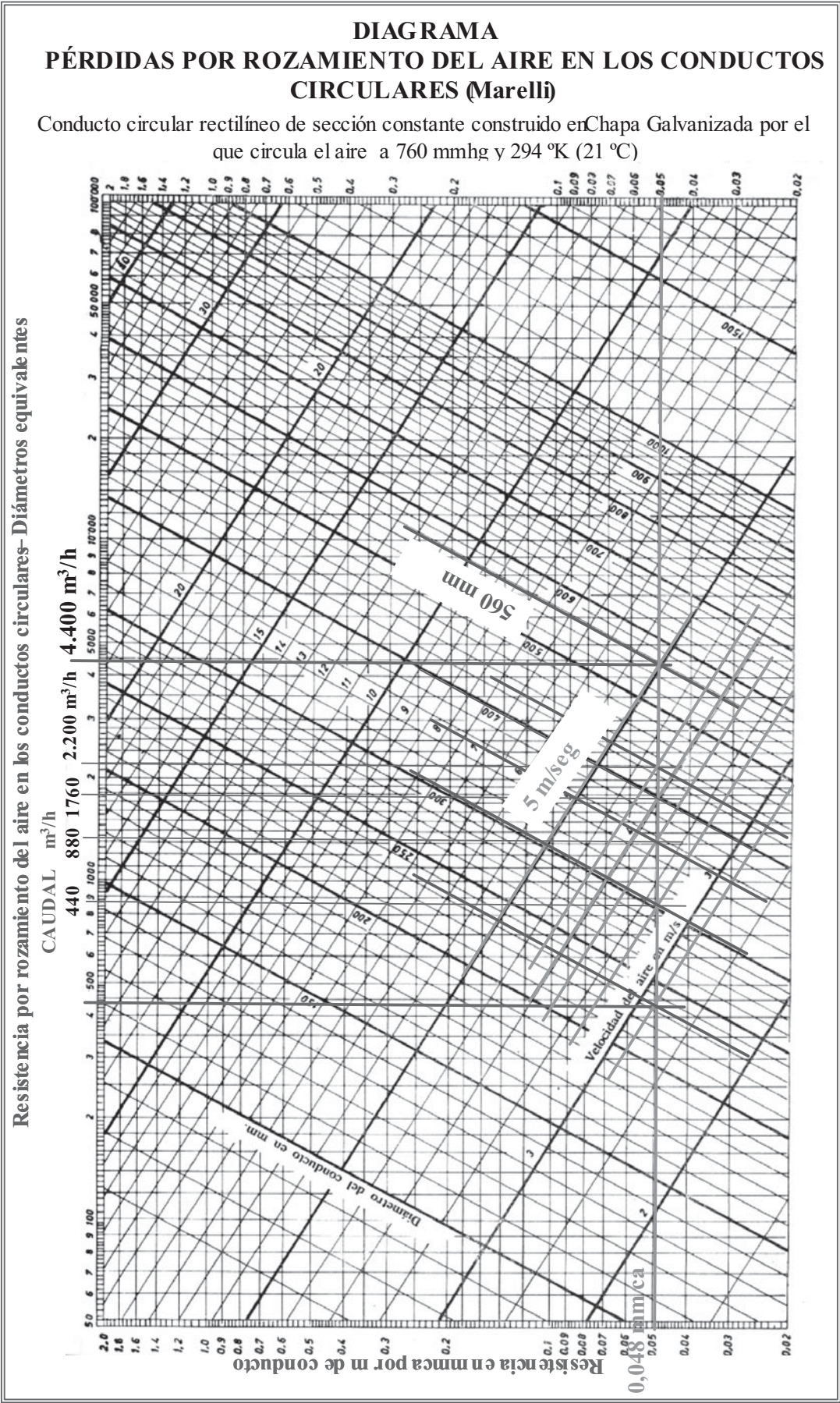
Codo en Tcurvilíneo igual que la leq Curva a 90°.

d) Los restantes tramos de conducto pueden dimensionarse tomando como base la pérdida de carga unitaria $\Delta p_e = 0,048 \text{ mmca} / \text{m}$ y en función de sus respectivos caudales.

Del gráfico se obtendran los resultados asentados en la siguiente tabla:

| CALCULO CONDUCTOS DE IMPULSIÓN | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|--|-----------|
| Método de pérdida de presión constante -Material Chapa galvanizada | | | | | | | | | |
| Tramo | Longitud tramo | Longitud equivalente adicional | Caudal | Pérdida de presión | Pérdida de presión total en el tramo | Diámetro del conducto circular | Velocidad | Dimensiones conducto cuadrado o rectangular equivalente | |
| | l m | leq m | Cam m^3/h | Ap mmca/m | Apt mmca |  D mm | V_{ef} m / seg |  L mm | H mm |
| 1 | 5 | | 4.400 | 0,048 | 0,240 | 560 | 5 | 755 | 350 |
| Codo en T curvilíneo | 0,74 | 6,72 | 4.400 | 0,048 | 0,323 | 435/560/435 | 4,6 | 450/755/450 | 350 |
| 2 | 5 | | 2.200 | 0,048 | 0,240 | 435 | 4,2 | 450 | 350 |
| 3 | 5 | | 2.200 | 0,048 | 0,240 | 435 | 4,2 | 450 | 350 |
| Curva de 90° | 0,51 | 5,22 | 2.200 | 0,048 | 0,251 | 435 | 4,1 | 450 | 350 |
| Reducción | | | | | | 435/400 | | 450 | 350/300 |
| 4 | 5 | | 1.760 | 0,048 | 0,240 | 400 | 4 | 450 | 300 |
| Reducción | | | | | | 400/360 | | 450/350 | 300 |
| 5 | 5 | | 1.320 | 0,048 | 0,240 | 360 | 3,7 | 350 | 300 |
| Reducción | | | | | | 360/305 | | 350/300 | 300 |
| 6 | 5 | | 880 | 0,048 | 0,240 | 305 | 3,35 | 300 | 300 |
| Reducción | | | | | | 305/235 | | 300/150 | 300 |
| 7 | 5 | | 440 | 0,048 | 0,240 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |
| Curva de 90° | 0,51 | 5,22 | 2.200 | 0,048 | 0,251 | 435 | 4,1 | 450 | 350 |
| Reducción | | | | | | 435/400 | | 450 | 350/300 |
| 8 | 5 | | 1.760 | 0,048 | 0,240 | 400 | 4 | 450 | 300 |
| Reducción | | | | | | 400/360 | | 450/350 | 300 |
| 9 | 5 | | 1.320 | 0,048 | 0,240 | 360 | 3,7 | 350 | 300 |
| Reducción | | | | | | 360/305 | | 350/300 | 300 |
| 10 | 5 | | 880 | 0,048 | 0,240 | 305 | 3,35 | 300 | 300 |
| Reducción | | | | | | 305/235 | | 300/150 | 300 |
| 11 | 5 | | 440 | 0,048 | 0,240 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |

| | | |
|--|------|--------------|
| Pérdida de presión total en la red de impulsión | 2,01 | mmca |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección circular | 69,7 | m^2 |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección rectangular | 83,7 | m^2 |
| Espesor de Chapa | 0,6 | mm |



e) La pérdida de carga total en la red desde el ventilador hasta la boca 7 o 11. El sistema es equilibrado por lo que los dos circuitos tienen igual caída de presión, 1 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7, o 1 – 2 – 8 – 9 – 10 – 11.-

Pérdida de presión total de la red de impulsión = 2,01 mmca

La presión estática total que necesitará desarrollar el ventilador a la boca del mismo estará dada por la suma de la pérdida de presión total de la red de impulsión más la presión en las bocas de salida, difusor en este caso, menos la recuperación debida a la diferencia de velocidad entre la primera y última parte del conducto.

$$\begin{aligned}\text{Velocidad en el ventilador} &= 5 \text{ m/seg} \\ \text{Velocidad en el ultimo difusor} &= 2,85 \text{ m/seg} \\ \text{Coeficiente de recuperación} &= 75\%\end{aligned}$$

$$\text{Recuperación} = 0,75 \times [(5 \times 60/242,4)^2 - (2,85 \times 60/242,4)^2] = 0,77 \text{ mmca}$$

Por lo tanto la presión estática total en la descarga del ventilador será igual a:

$$\Delta p \text{ salida ventilador} = \text{Pérdida de presión total de la red de impulsión} + \text{Presión difusor} \\ (\text{dato}) - \text{recuperación estática de la red} =$$

$$\Delta p \text{ a la salida del ventilador} = 2,01 \text{ mmca} + 3 \text{ mmca} - 0,77 \text{ mmca} = \mathbf{4,24 \text{ mmca}}$$

• **Calculo Red de Retorno:**

a) La sección del conducto de retorno a la entrada de la cámara de tratamiento y del tramo 1 será igual:

Se adopta igual pérdida que la red de impulsión $\Delta p = 0,048 \text{ mmca/m}$ resultando en el diagrama una velocidad de 4,8 m/seg. Del diagrama podemos determinar el diámetro del conducto $D = 520 \text{ mm}$

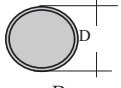
$$S_{ar} = 3520 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ seg} \times 4,7 \text{ m/seg} = 0,21 \text{ m}^2 \quad D = 520 \text{ mm}$$

$$\text{b) Conducto rectangular equivalente} \quad L = 755 \text{ mm} \times H = 350 \text{ mm}$$

$$\text{c) La pérdida de carga unitaria se adopto igual a la de la red de impulsión:} \\ \Delta p_e = 0,048 \text{ mmca} / \text{m}$$

d) Los restantes tramos de conducto pueden dimensionarse tomando como base la pérdida de carga unitaria $\Delta p_e = 0,048 \text{ mmca} / \text{m}$ y en función de sus respectivos caudales.

Del gráfico de pérdida constante se obtendrán los resultados asentados en la siguiente tabla:

| CALCULO CONDUCTOS RED DE RETORNO | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------------------------|--------|--------------------|--------------------------------------|--|------------|---|---------|
| Método de Pérdida de Presión Constante - Material Chapa galvanizada | | | | | | | | | |
| Tramo | Longitud tramo | Longitud equivalente adicional | Caudal | Pérdida de presión | Pérdida de presión total en el tramo | Diámetro del conducto circular | Velocidad | Dimensiones conducto cuadrado o rectangular equivalente | |
| | l m | leq m | | Ap mmca/m | Apt mmca |  D mm | | L mm | H mm |
| 1 | 1,5 | | 3.520 | 0,048 | 0,072 | 520 | 4,7 | 650 | 350 |
| Curva de 90° | 0,61 | 6,24 | 3.520 | 0,048 | 0,300 | 520 | 4,7 | 650 | 350 |
| 2 | 4,5 | | 1.760 | 0,048 | 0,216 | 400 | 4 | 450 | 300 |
| Codo en T curvilíneo | 0,69 | 6,24 | 3.520 | 0,048 | 0,300 | 400/520/400 | 4,4 | 450/650/450 | 350/300 |
| 3 | 4,5 | | 1.760 | 0,048 | 0,216 | 400 | 4 | 450 | 300 |
| 4 - R1 | 2,5 | | 440 | 0,048 | 0,120 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |
| Reducción | | | | | | 235/360 | | 150/350 | 300 |
| Codo en T curvilíneo | 0,54 | 4,8 | 1.320 | 0,048 | 0,230 | 360/400/360 | 2,85 - 3,7 | 350/450/350 | 300 |
| 4 - R2 | 2,5 | | 1.320 | 0,048 | 0,120 | 360 | 3,7 | 350 | 300 |
| Reducción | | | | | | 360/305 | | 350/300 | 300 |
| 5 | 5 | | 880 | 0,048 | 0,240 | 305 | 3,35 | 300 | 300 |
| Reducción | | | | | | 305/235 | | 300/150 | 300 |
| 6 | 5 | | 440 | 0,048 | 0,240 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |
| 7 - R1 | 2,5 | | 440 | 0,048 | 0,120 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |
| Reducción | | | | | | 235/360 | | 150/350 | 300 |
| Codo en T curvilíneo | 0,54 | 4,8 | 1.320 | 0,048 | 0,230 | 360/400/360 | 2,85 - 3,7 | 350/450/350 | 300 |
| 7 - R2 | 2,5 | | 1.320 | 0,048 | 0,120 | 360 | 3,7 | 350 | 300 |
| Reducción | | | | | | 360/305 | | 350/300 | 300 |
| 8 | 5 | | 880 | 0,048 | 0,240 | 305 | 3,35 | 300 | 300 |
| Reducción | | | | | | 305/235 | | 300/150 | 300 |
| 9 | 5 | | 440 | 0,048 | 0,240 | 235 | 2,85 | 150 | 300 |

| | | |
|--|------|----------------|
| Pérdida de presión total en la red de retorno | 1,8 | mmca |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección circular | 44,4 | m ² |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección rectangular | 53,7 | m ² |
| Espesor de Chapa | 0,6 | mm |

e) La pérdida de carga total en la red desde la camara de tratamiento hasta la boca 6 o 9. El sistema es equilibrado por lo que los dos circuitos tienen igual caída de presión, 1 – 2 – 4 – 5 – 6 , o 1 – 3 – 7 - 8 – 9 .-

Pérdida de presión total de la red de retorno = 1,8 mmca

La presión estática total que necesitará desarrollar el ventilador a la boca de aspiración estará dada por la suma de la pérdida de presión total de la red de retorno más la presión en las bocas de entrada, rejas en este caso, menos la recuperación debida a la diferencia de velocidad entre la primera y última parte del conducto más la pérdida de presión en la camara de tratamiento, filtros, serpentinas, etc..

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Velocidad en el ventilador | = 4,7 m/seg |
| Velocidad en el ultimo difusor | = 2, 85 m/seg |
| Coeficiente de recuperación | = 75% |

$Recuperación = 0,75 \times [(4,7 \times 60/242,4)^2 - (2,85 \times 60/242,4)^2] = 0,63 \text{ mmca}$

Pérdida en la camara de tratamiento ≈ 25 mmca
Por lo tanto la presión estática total en la boca de aspiración del ventilador será igual a:

$\Delta p \text{ salida ventilador} = \text{Pérdida de presión total de la red de retorno} + \text{Presión reja (dato)} -$

- recuperación estática de la red + la pérdida en la camara de tratamiento

$$\Delta p \text{ a la entrada del ventilador} = 1,9 \text{ mmca} + 2 \text{ mmca} - 0,63 \text{ mmca} + 25 \text{ mmca} =$$

$$\Delta p \text{ a la entrada del ventilador} = 28,27 \text{ mmca}$$

□ Metodo recuperación constante

• Calculo Red de Impulsión:

a) La sección del conducto a la salida del ventilador y del tramo 1 será igual a la calculada con el método anterior:

$$D= 560 \text{ mm}$$

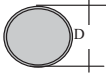

b) Conducto rectangular equivalente $L= 755 \text{ mm} \times H = 350 \text{ mm}$

c) La pérdida de carga unitaria para un conducto de $D = 560\text{mm}$ y $Q = 4400 \text{ m}^3/\text{h}$ es igual a : $\Delta p_e = 0,048 \text{ mmca} / \text{m}$

d) Para el siguiente tramo 2 con el caudal de derivación $Q_2 = 2200 \text{ m}^3/\text{h}$ y $L= 11,03 \text{ m}$ (longitud equivalente entre las dos derivaciones), se puede calcular la relación:

$$L/ (Q_2)^{0,61} = 0,105$$

Con esta relación y la V_1 , velocidad antes de al derivación, se lee en diagrama de recuperación de presión estatica el valor de $V_2 = 3,92 \text{ m/seg}$, velocidad despues de la derivación. De igual forma se pueden dimensionar los restantes tramos, se obtendran los resultados asentados en la siguiente tabla:

| CALCULO CONDUCTOS DE IMPULSIÓN Método de Recuperación Estática -Material Chapa galvanizada | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------------------------|----------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|----------------|--|--|
| Tramo | Longitud tramo | Longitud equivalente adicional | Longitud Equivalente | Caudal | Razón L/Q | Pérdida de presión total en el tramo | Velocidad | Diámetro del conducto circular | Dimensiones conducto cuadrado o rectangular equivalente |
| | l m | leq m | L m | Q m3/h | m/m3/h | Apt mmca | Vef m / seg | <div>  D mm </div> | <div>  L mm H mm </div> |
| 1 | 5 | | 11,72 | 4.400 | 0,070 | 0,563 | 5 | 560 | 755 / 350 |
| Codo en T curvilíneo | 0,75 | 6,72 | | 4.400 | | | | 503/560/503 | 600/755/600 / 350 |
| 2 | 5 | | 11,03 | 2.200 | 0,101 | | 3,92 | 503 | 600 / 350 |
| 3 | 5 | | 11,03 | 2.200 | 0,101 | | 3,92 | 503 | 600 / 350 |
| Curva de 90° | 0,59 | 6,03 | | 2.200 | | | | 490 | 600 / 350 |
| Reducción | | | | | | | | 490/483 | 600/550 / 350 |
| 4 | 5 | | 5 | 1.760 | 0,052 | | 3,4 | 483 | 550 / 350 |
| Reducción | | | | | | | | 483/445 | 550/500 / 300 |
| 5 | 5 | | 5 | 1.320 | 0,062 | | 3 | 445 | 500 / 350 |
| Reducción | 0,5 | | | 880 | | | | 445/390 | 500/450 / 350/300 |
| 6 | 5 | | 5 | 880 | 0,080 | | 2,6 | 390 | 450 / 300 |
| Reducción | | | | | | | | 390/300 | 450/250 / 300 |
| 7 | 5 | | 5 | 440 | 0,122 | | 2,2 | 300 | 250 / 300 |
| Curva de 90° | 0,59 | 6,03 | | 2.200 | | | | 490 | 600 / 350 |
| Reducción | 0,5 | | | 2.200 | | | | 490/483 | 600/450 / 350 |
| 8 | 5 | | 5 | 1.760 | 0,052 | | 3,4 | 483 | 550 / 350 |
| Reducción | | | | | | | | 483/445 | 550/500 / 300 |
| 9 | 5 | | 5 | 1.320 | 0,062 | | 3 | 445 | 500 / 350 |
| Reducción | | | | | | | | 445/390 | 500/450 / 350/300 |
| 10 | 5 | | 5 | 880 | 0,080 | | 2,6 | 390 | 450 / 300 |
| Reducción | | | | | | | | 390/300 | 450/250 / 300 |
| 11 | 5 | | 5 | 440 | 0,122 | | 2,2 | 300 | 250 / 300 |

| | | |
|--|------|----------------|
| Pérdida de presión total en la red de impulsión | 0,56 | mmca |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección circular | 80,5 | m ² |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección rectangular | 97,4 | m ² |
| Espesor de Chapa | 0,6 | mm |

e) Como no existe ninguna disminución ni aumento de presión estática entre la derivación de los ramales 2 y 3 hasta el ultimo difusor D11 o D7, la pérdida neta de presión estatica necesaria en la boca del ventilador es igual a la pérdida de carga en el tramo 1. Es decir

$$\text{Pérdida de presión total de la red de impulsión} = \Delta p \times \text{lequiv} = 0,048 \times (5 + 6,72) =$$
$$= \mathbf{0,56 \text{ mmca}}$$

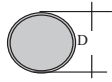
La presión estática total que necesitará desarrollar el ventilador a la boca del mismo estará dada por la suma de la pérdida de presión total de la red de impulsión más la presión en las bocas de salida, difusor en este caso.

Por lo tanto la presión estática total en la descarga del ventilador será igual a:

$$\Delta p \text{ salida ventilador} = \text{Pérdida de presión total de la red de impulsión} + \text{Presión difusor} =$$
$$\Delta p \text{ a la salida del ventilador} = 0,56 \text{ mmca} + 3 \text{ mmca} = \mathbf{3,56 \text{ mmca}}$$

• **Calculo Red de retorno:**

Igual procedimiento se realiza para la red de conductos de retorno, se obtendran los resultados asentados en la siguiente tabla.-

| CALCULO CONDUCTOS RED DE RETORNO | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|----------------|--|---|---------|
| Método de Recuperación Estática | | | | | | | | | | |
| Material Chapa galvanizada | | | | | | | | | | |
| Tramo | Longitud tramo | Longitud equivalente adicional | Longitud Equivalente | Caudal | Razón L/Q | Pérdida de presión total en el tramo | Velocidad | Díametro del conducto circular | Dimensiones conducto cuadrado o rectangular equivalente | |
| | l m | leq m | L m | Q m3/h | m/m3/h | Apt mmca | Vef m / seg |  D mm | L mm | H mm |
| 1 | 1,5 | | 7,74 | 3.520 | 0,053 | 0,37 | 4,8 | 520 | 650 | 350 |
| Curva de 90° | 0,61 | 6,24 | | 3.520 | | | | 520 | 650 | 350 |
| 2 | 4,5 | | 16,450351 | 1.760 | 0,172 | | 3,5 | 476 | 550 | 350 |
| Codo en T curvilíneo | 0,70 | 6,24 | | 3.520 | | | | 476/520/476 | 550/650/550 | 350 |
| 3 | 4,5 | | 16,450351 | 1.760 | 0,172 | | 3,5 | 476 | 550 | 350 |
| 4 -R1 | 2,5 | | | 440 | 0,061 | | 3 | 257 | 200 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 257/431 | 150/350 | 300 |
| Codo en T curvilíneo | 0,64 | 5,71 | | 1.320 | | | | 431/476/431 | 350/550/550 | 300 |
| 4 - R2 | 2,5 | | | 1.320 | 0,031 | | 3,2 | 431 | 550 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 431/376 | 550/400 | 300 |
| 5 | 5 | | | 880 | 0,080 | | 2,8 | 376 | 400 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 376/276 | 400/250 | 300 |
| 6 | 5 | | | 440 | 0,122 | | 2,6 | 276 | 250 | 300 |
| 7 -R1 | 2,5 | | | 440 | 0,061 | | 3 | 257 | 200 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 257/431 | 150/350 | 300 |
| Codo en T curvilíneo | 0,64 | 5,7103509 | | 1.320 | | | | 431/476/431 | 350/550/550 | 300 |
| 7 - R2 | 2,5 | | | 1.320 | 0,031 | | 3,2 | 431 | 550 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 431/376 | 550/400 | 300 |
| 8 | 5 | | | 880 | 0,080 | | 2,8 | 376 | 400 | 300 |
| Reducción | | | | | | | | 376/276 | 400/250 | 300 |
| 9 | 5 | | | 440 | 0,122 | | 2,6 | 276 | 250 | 300 |

| | | |
|---|-------------|----------------------|
| Pérdida de presión total en la red de retorno | 0,37 | mmca |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección circular | 52,6 | m² |
| Superficie de material Chapa galvanizada Sección rectangular | 63,9 | m² |
| Espesor de Chapa | 0,6 | mm |

f) Como no existe ninguna disminución ni aumento de presión estática entre la derivación de los ramales 2 y 3 hasta la ultima reja R9 o R6, la pérdida neta de presión estatica necesaria en la boca del ventilador es igual a la pérdida de carga en el tramo 1. Es decir

$$\text{Pérdida de presión total de la red de impulsión} = \Delta p \times l_{\text{equiv}} = 0,048 \times (1,5 + 6,24) =$$
$$= \mathbf{0,37 \text{ mmca}}$$

La presión estática total que necesitará desarrollar el ventilador a la boca de aspiración estará dada por la suma de la pérdida de presión total de la red de retorno más la presión en las bocas de entrada, rejass en este caso, más la pérdida de presión en la camara de tratamiento, filtros, serpentinas, etc..

Pédida en la camara de tratamiento ≈ 25 mmca
Por lo tanto la presión estática total en la aspiración del ventilador será igual a:

$$\Delta p \text{ salida ventilador} = \text{Pérdida de presión total de la red de retorno} + \text{Presión reja (dato)} -$$
$$- \text{recuperación estática de la red} + \text{la pérdida en la camara de tratamiento} =$$

$$\Delta p \text{ a la entrada del ventilador} = 0,37 \text{ mmca} + 2 \text{ mmca} + 25 \text{ mmca} =$$
$$\Delta p \text{ a la entrada del ventilador} = \mathbf{27,37 \text{ mmca}}$$

❑ **Comparación del método de Recuperación estática con el de Pérdida de carga constante:**

El desarrollo de los puntos 1) y 2) nos permite decir que las dimensiones de los conductos principales, tramo 1, de impulsión y de retorno son iguales, por ambos métodos no obstante en los ramales resultan conductos mayores cuando se calculan por el método de recuperación estática.

| | Superficie de material Chapa galvanizada | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| | Método de Pérdida de carga | | Método de Recuperación estática | |
| | Sección circular | Sección rectangular | Sección circular | Sección rectangular |
| | m ² | m ² | m ² | m ² |
| Red de Impulsión | 69,7 | 83,7 | 80,5 | 97,4 |
| Red de Retorno | 44,4 | 53,7 | 52,6 | 63,9 |
| Superficie total de la red | 114,1 | 137,3 | 133,1 | 161,3 |
| Margen del 10 % para desechos | 11,4 | 13,7 | 13,3 | 16,1 |
| Superficie total de chapa metálica | 125,5 | 151,1 | 146,5 | 177,4 |
| Porcentaje en demasía de chapa | | | 16,7% | 17,5% |

La superficie y peso de la plancha de metal que se necesita para los conductos calculados por recuperación estática es de aproximadamente un 17 % mayor que cuando se calcula por pérdida

de carga constante. No obstante este mayor costo se compensaría al reducirse los gastos de explotación y el tiempo necesario para equilibrar el sistema. Cabe aclarar que como el sistema es equilibrado, es decir los caudales que se impulsan y retornan en los ramales de derivación 2 y 3 son iguales, no requieren una compuerta de reducción de caudal.

El aumento de potencia que se necesitaría para el ventilador ejecutando la red de conductos calculada por el método de pérdida de carga constante se determina en la siguiente forma:

| | Método de Pérdida de carga | Método de Recuperación estática |
|--|-------------------------------|------------------------------------|
| | Presión en mmca | Presión en mmca |
| Presión en la boca - Difusor | 3,00 | 3,00 |
| Pérdida en los conductos de impulsión | 2,01 | 0,56 |
| Recuperación estática | -0,77 | 0,00 |
| Camara de tratamiento | 25,00 | 25,00 |
| Recuperación estática | -0,63 | 0,00 |
| Pérdida en los conductos de retorno | 1,84 | 0,37 |
| Presión en la boca - Reja | 2,00 | 2,00 |
| Total presión a desarrollar por el ventilador | 32,45 | 30,93 |

Aumento de potencia = $\frac{(32,45 - 30,93)}{30,93} \times 100 = 5 \%$

Este aumento del 5 % de potencia supone un motor de mayor potencia por ende un costo mayor en equipo e instalación y un mayor gasto de explotación durante toda su vida útil.

CAPITULO XI

SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

XI.1 INTRODUCCIÓN

Lo expuesto en los capítulos anteriores nos permite concluir que una instalación de aire acondicionado de confort, debe ser capaz de mantener a lo largo del año y en todos los ambientes acondicionados, la temperatura deseada y una humedad relativa aceptable. Además debe asegurar la calidad del aire ambiente para la permanencia y actividad que se desarrollen en el mismo. Para ello se introduce aire mezcla filtrado, compuesto por aire exterior más aire interior, manteniendo la velocidad del aire y el nivel de ruidos en las zonas ocupadas dentro de los límites requeridos para proporcionar el máximo bienestar a los ocupantes.

XI.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

Previo al desarrollo de cada sistema recordemos la clasificación realizada en el capítulo V.

- **Sistemas de expansión directa**
- **Sistemas de expansión indirecta**

– **SISTEMAS DE EXPANSIÓN DIRECTA:**

- | | | | | |
|-------------------------|---|--|---|--|
| 1 – Individuales | { | 1) Ventana o Muro 2) Sistemas separados (Split – systems) 3) Autocontenidos | { | Enfriados por aire Enfriados por agua |
|-------------------------|---|--|---|--|

- | | | |
|----------------------|---|---|
| 2 - Centrales | { | 1) Volumen de aire constante (VAC) – “Todo aire” 2) Volumen de aire variable (VAV) |
| 3 – Mixtos | | Volumen de refrigerante variable (VRV) |

– **SISTEMAS DE EXPANSIÓN INDIRECTA:**

- | | | |
|-------------------|---|--|
| 4 – Mixtos | { | 1) Ventilador – Serpentina (Fan- Coil) – “Todo agua” 2) Inducción – “Aire – agua” |
|-------------------|---|--|

A continuación desarrollaremos cada uno de los sistemas mencionados.

XI.3 SISTEMAS DE EXPANSIÓN DIRECTA

1) Sistemas individuales:

También llamados equipos unitarios autocontenidos, semicentralizados, o unidades autónomas.

Se los puede clasificar a su vez:

Según el fluido que utiliza para enfriar el condensador:

- Equipos por condensación por aire
- Equipos por condensación por agua

Según su configuración:

- Equipos compactos
- Equipos partidos

Según el tipo:

- Acondicionadores de ventana
- Consolas
- Equipos portátiles

El equipo de acondicionamiento está montado en una unidad autónoma o dos unidades separadas, una condensadora y otra evaporadora, equipo partido o Split, está compuesto por:

- Equipo motocompresor: puede ser uno o varios según la cantidad que se requiera.
- Condensador: enfriados por agua o aire.
- Serpentina enfriadora del tipo aletada para mejorar el intercambio de calor.
- Ventilador para permitir la distribución del aire al local.
- Sistema de calor: el calor puede estar suministrado por una resistencia eléctrica, un intercambiador de calor a gas o una bomba de calor.

1.1) Equipo individual de ventana o muro

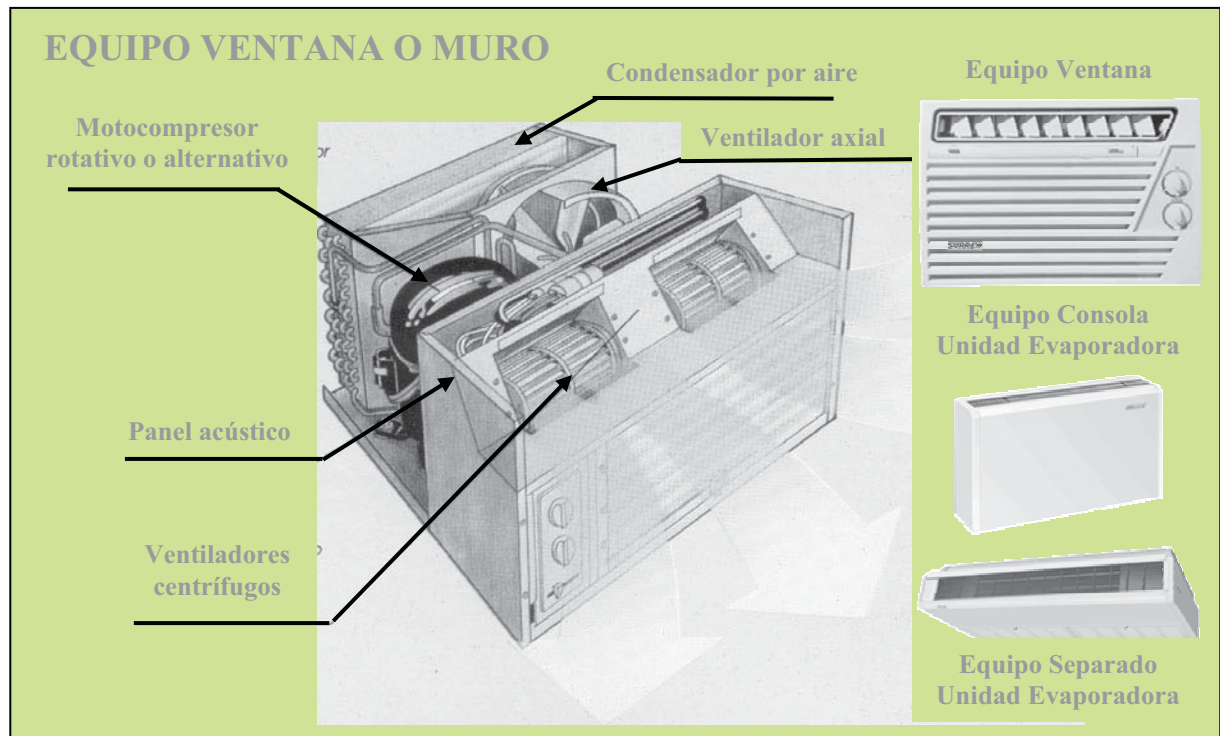
Se trata de una unidad compacta que se utiliza para acondicionar viviendas, pequeños locales comerciales, despachos, etc. Se adaptan a edificios ya construidos, son de fácil instalación, se montan en ventanas o paredes.

Son equipos de pequeña potencia, pueden acondicionar un local cuya carga térmica máxima sea de 2 toneladas de refrigeración.

Solo pueden satisfacer la condición mínima de temperatura. Ya que brindan solo aire frío o caliente. Sin producir control, sobre la humedad, la purificación y la renovación del aire del ambiente.

El aire impulsado tiene poco alcance, unos cinco (5) metros aproximadamente, además no son aptos para ser conectados a conductos. El nivel sonoro es elevado en comparación con otros sistemas.

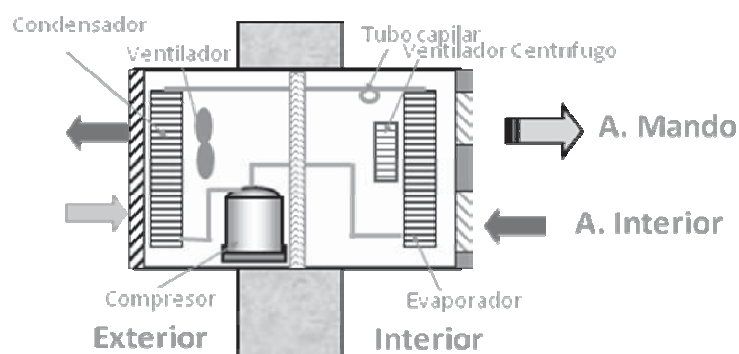
Su gran ventaja reside en que es un equipo de fabricación estándar lo cual permite adquirirlo a un bajo costo e instalarlo en forma sencilla, requiere para ello ejecutar la abertura en pared o ventana, colocar los elementos de fijación y contar con la línea eléctrica con capacidad adecuada. Siendo recomendable independizar el circuito eléctrico del equipo de la instalación domiciliaria para evitar perturbaciones.



A fin de disminuir el nivel de ruidos que produce el acondicionador, se ubican hacia el exterior los componentes que conforman la denominada unidad condensadora, principalmente compresores y motores:

Unidad condensadora:

- **Compresor:** El equipo motocompresor es por lo general tipo rotativo blindado, diseñado para trabajo intensivo, con motor protegido con un protector térmico contra baja tensión de alimentación, trabado de rotor, recalentamiento por sobrecarga o fuga de refrigerante.
- **Batería de condensación:** Por la cual se hace circular el aire exterior, que constituye el medio de enfriamiento del refrigerante en estado de vapor caliente comprimido, procediendo así a su condensación. Es un sistema, de condensación por aire. Esta compuesto por aletas de aluminio o cobre y tubos de cobre electrolítico.
- **Motor-Ventilador.** El aire exterior de enfriamiento es recirculado por un ventilador helicoidal que funciona generalmente con el mismo motor del ventilador centrífugo del evaporador.



Del lado interior separados a través de un panel acústico, los siguientes componentes que en su conjunto se los denomina unidad evaporadora:

- **Batería Evaporadora:** Donde se produce la evaporación del refrigerante líquido, absorbiendo para ello el calor del aire interior del local. Esta compuesto por aletas de aluminio o cobre y tubos de cobre electrolítico.
- **Ventilador Centrífugo:** Para que sea de funcionamiento silencioso el ventilador centrífugo es, tipo multipalas, de doble entrada, estática y dinámicamente balanceado. Es el que impulsa el aire enfriado al ambiente, su alcance no es mayor a los cinco (5) metros.
- **Sistema de Expansión:** El sistema es de expansión directa, ya que la expansión del refrigerante la produce un capilar antes de la unidad evaporadora, que enfriara el aire a impulsar directamente al local. Puede ser de tubo capilar, de capilares multiples o de válvula de expansión.

Los componentes se montan sobre un gabinete de chapa de acero con tratamiento para evitar la oxidación, de fácil acceso a los componentes para hacer más sencilla la tarea de mantenimiento o reparación.

Los frentes por lo general son de plástico, con rejas direccionales para facilitar y orientar la salida del aire.

La temperatura es seleccionada y mantenida en el local mediante un termostato de control automático.

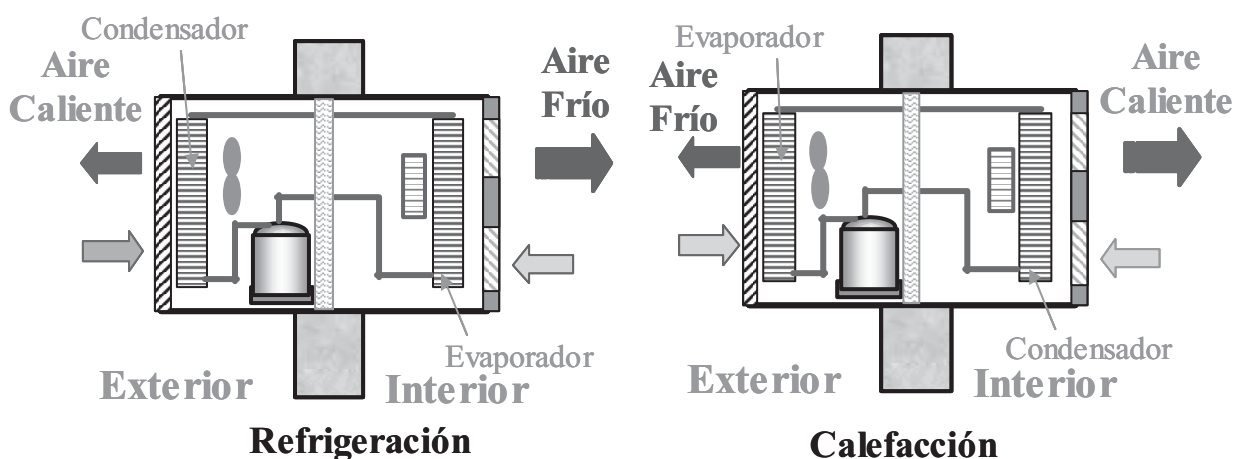
El aire es filtrado por medio de un filtro de poliuretano lavable, cuya función es proteger al equipo de suciedades más que eliminar las impurezas del local, es de ubicación sencilla y fácil retiro para proceder a su limpieza periódica.

Por lo general cuentan con una válvula inversora, bomba de calor, presostato de seguridad para alta y baja presión, tablero electrico, filtro para refrigerante, etc.

Se puede impulsar aire caliente al local, produciendo el calor mediante baterías de resistencias eléctricas o bien mediante la inversión del propio ciclo frigorífico.

Este último método es el más aconsejable por su alto rendimiento y es el que se utiliza en los equipos que se denominan **bomba de calor**.

En el equipo acondicionador operando como bomba de calor se invierte físicamente su funcionamiento. El evaporador, que estaba en el interior del local, pasa a situarse fuera del mismo, y el condensador, que estaba en el exterior, se situará ahora dentro del local.



Puede observarse que al invertir el funcionamiento físico del equipo la situación es la siguiente: El evaporador para el ciclo invernal, condensador para el ciclo de verano, enfria el aire exterior y lo que es más importante, absorbe o recupera energía de dicho ambiente exterior. Por la parte exterior del equipo se notará una corriente de aire, pero no caliente como en verano sino fría.

El condensador para el ciclo invernal, evaporador para el ciclo de verano, calienta el aire que aspira, que es el aire del local y a éste le devuelve el aire calentado.

Basta actuar sobre los mandos del equipo para que de un modo automático se establezca el régimen de frío o calor deseado. La ventaja fundamental de la bomba de calor consiste en que es capaz de suministrar más energía de la que consume, dado que el equipo recupera energía "gratuita" del ambiente exterior.

Por ejemplo, una bomba de calor puede proporcionar a un local 2,5 kw/h absorbiendo de la red tan solo 1 kw/h. Los restantes 1,5 kw/h se obtienen gratuitamente del aire exterior.

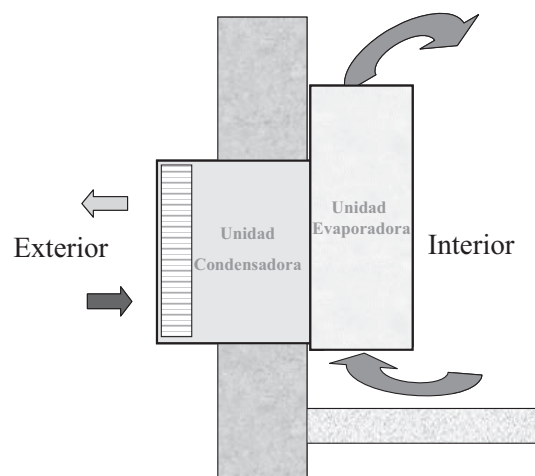
Puede deducirse la conveniencia de utilizar equipos acondicionadores con bomba de calor, para su funcionamiento tanto en verano como en invierno. Además, un equipo con bomba de calor sólo supone, aproximadamente, un 20% de incremento, frente a la inversión necesaria para un acondicionador convencional exclusivamente para el verano.-

❑ **Equipo individual tipo consola:** Se trata de un equipo similar al acondicionador tipo ventana, pero con una apariencia a un Fan-Coil o consola.

Consta de dos partes diferenciadas aunque no están separadas. La interior que es la unidad evaporadora y la externa la unidad condensadora. Las dos partes están unidas por las tuberías del refrigerante y mecánicamente a través de tornillos.

La unidad evaporadora aspira aire a nivel zocalo y lo descarga por la parte superior. Lo cual mejora muchísimo la distribución del aire en la época invernal comparándolo con el tipo ventana.

Son de potencia y alcance similar a los tipo ventana.



1.2) Equipo individual tipo separado o split - systems

El equipo está compuesto por dos partes separadas un máximo de 4 a 5 metros según sea el fabricante, unidas por las cañerías del refrigerante convenientemente aisladas.

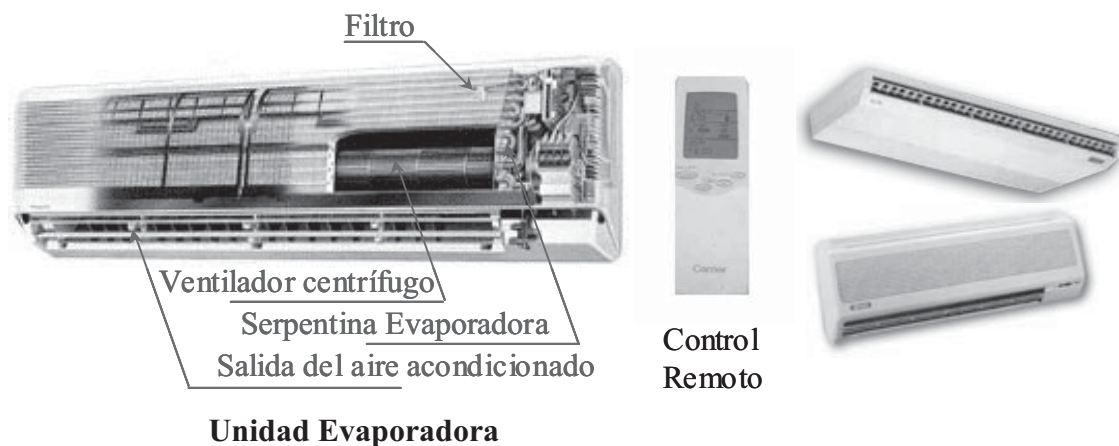
Hoy es el sistema más popular de los sistemas de aire acondicionado. Se lo ha aplicado de forma excesiva dado que el canal de comercialización el profesional instalador interviene en forma secundaria, si lo hace.

Para diseñar este sistema el punto crítico es el dimensionamiento de las tuberías y tomar las precauciones en cuanto a su disposición para evitar pérdidas de rendimiento por fallas en la circulación del refrigerante.

La unidad evaporadora se ubica en el interior, se compone de los siguientes elementos:

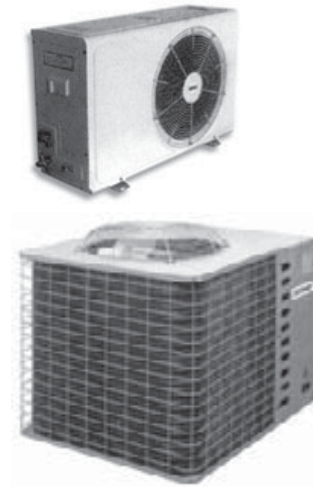
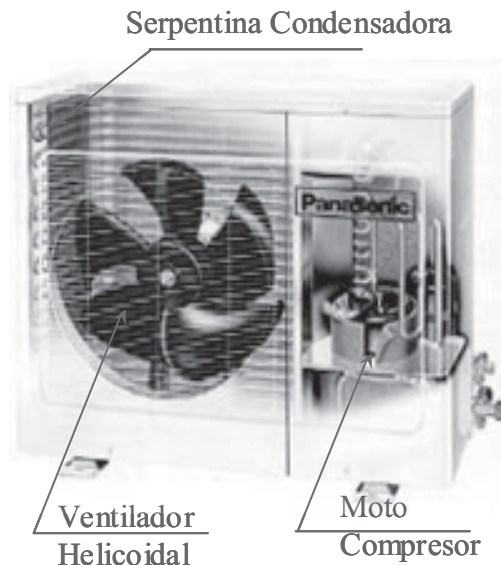
- **Batería Evaporadora:** De expansión directa. Esta compuesto por aletas de aluminio o cobre y tubos de cobre electrolítico.
- **Motor - Ventilador Centrífugo:** El ventilador es centrífugo, tipo multipalas, de doble entrada, estática y dinámicamente balanceado. Es el que impulsa el aire enfriado al ambiente, su alcance no es mayor a los cinco (5) metros. Con motor propio.
- **Sistema de Expansión:** El sistema es de expansión directa, ya que la expansión del refrigerante la produce un capilar antes de la unidad evaporadora, que enfriara el aire a impulsar directamente al local. Puede ser de tubo capilar, de capilares multiples o de válvula de expansión.
- **Bandeja de recogida de condensado:** Recoge el condensado de la unidad evaporadora.
- **Filtro de aire:** Para mantener limpio la unidad.
- **Mandos selectores:** Hoy por lo general viene con control de mando a distancia.
- **Termostato:** Para mantener constante la temperatura interior.

La unidad evaporadora puede llegar a contener el compresor.

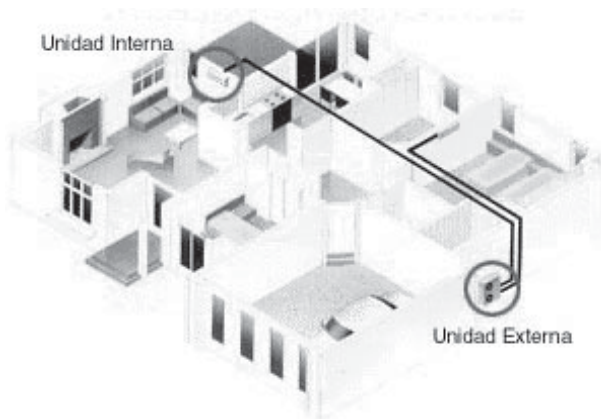


La unidad condensadora se ubica en el exterior, se compone de los siguientes elementos:

- **Compresor:** El equipo motocompresor es por lo general tipo rotativo blindado.
- **Batería de condensación:** Es un sistema, de condensación por aire, se hace circular el aire exterior, que constituye el medio de enfriamiento del refrigerante en estado de vapor caliente comprimido, procediendo así a su condensación. Esta compuesto por aletas de aluminio o cobre y tubos de cobre electrolítico.
- **Ventilador axial:** El aire exterior de enfriamiento es recirculado por un ventilador helicoidal que funciona generalmente con motor propio.



□ **Unidad condensadora multiambiente:** Puede utilizarse una única unidad condensadora exterior, que puede vincular de dos a cuatro unidades evaporadoras interiores, a no más de 10 metros entre la unidad interior más alejada y la unidad externa. Este sistema se denomina “unidad condensadora multiambiente”, si no hay simultaneidad de uso puede reducirse su capacidad.



Unidad Externa - Condensadora



□ **Equipos Portátiles:** Se trata de equipos partidos que son transportables de una habitación a otra, cuya motivación es la necesidad de enfriar un ambiente sin necesidad de instalación. Hoy ha caído en desuso.

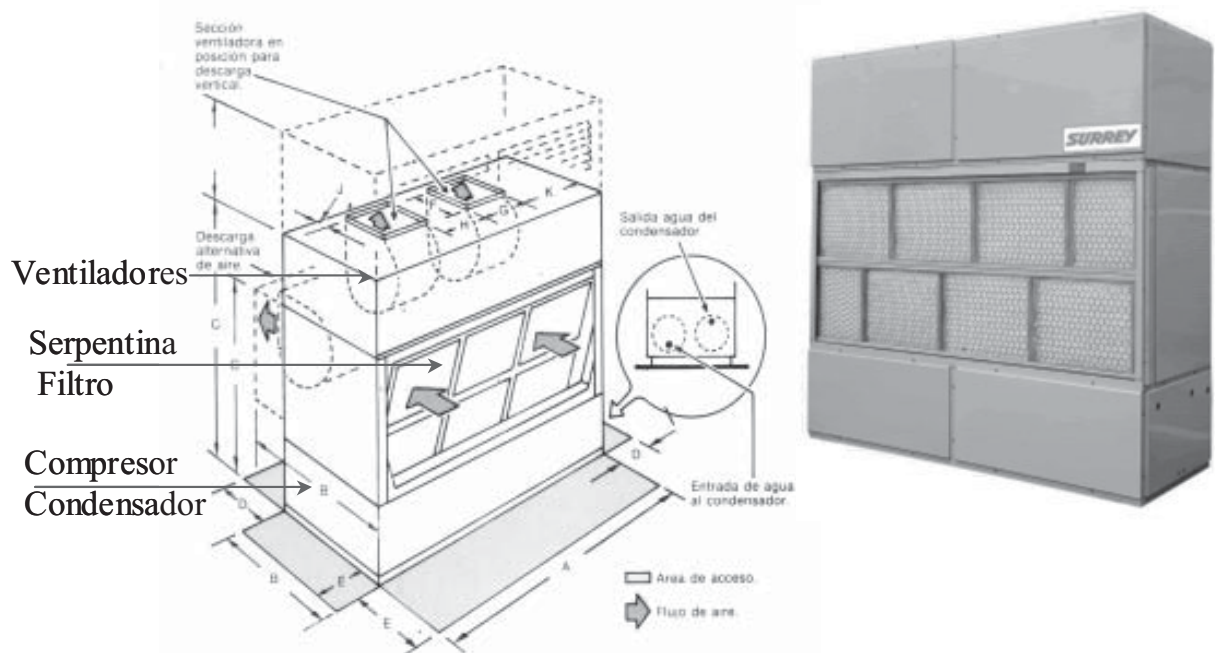


1.3) Equipos autocontenidos compactos

Son equipos individuales de 3 a 50 toneladas de refrigeración. Estos acondicionadores presentan un aspecto similar al de un armario metálico, dentro del cual se hallan los componentes que requiere un equipo para tratar el aire, el sistema de enfriamiento del refrigerante, el condensador, compresor, pueden estar ubicados en otra unidad.

Es posible acondicionar todo tipo de locales comerciales, viviendas, oficinas, restaurantes, etc. Por lo general, los compactos interiores están divididos en tres partes en el sentido vertical, que están ocupadas por:

- Los compresores, en el inferior, puede ubicarse también el condensador, depende de su capacidad y sistema de enfriamiento.
- Los filtros y la serpentina de refrigeración en la parte media.
- Los ventiladores centrífugos con su motor de accionamiento en la superior.



La condensación del refrigerante ya sea por aire o agua, exige que la superficie de transmisión este acorde con la capacidad frigorífica del equipo. Por lo tanto cuanto mayor sea la capacidad del equipo requerido, la etapa de condensación puede no tener cabida dentro del gabinete, por lo que esta se la coloca separada en un lugar ventilado.

Para brindar calefacción se debe colocar, una serpentina de calefacción que reciba el fluido calefactor, vapor o agua caliente, de una planta térmica exterior al equipo, o mediante resistencias eléctricas. También se pueden colocar calefactores de conductos si el aire se distribuye a través de una red.

Para tener una noción del espacio que ocupan estos equipos, podemos decir que uno de 30 TR que permite acondicionar un ambiente de 1.300 m^3 , mide 1 m. de profundidad por 2,5 m. de frente y 2 m. de altura.

La distribución del aire puede hacerse por medio de conductos o plenos de distribución.

El pleno de descarga da la posibilidad de introducir el aire por la parte superior en forma directa al ambiente.

Las rejillas de distribución del pleno tienen regulación direccional del aire de modo de ajustar su alcance en el sentido vertical y horizontal.

El equipo puede ser vertical u horizontal, el equipo horizontal es apto para ubicarlos en los entretechos o azoteas, denominandolos Roof-Top.

❑ **Equipos acondicionadores autocontenidos con condensación por aire:** Son aptos para colocarse en el interior del local.

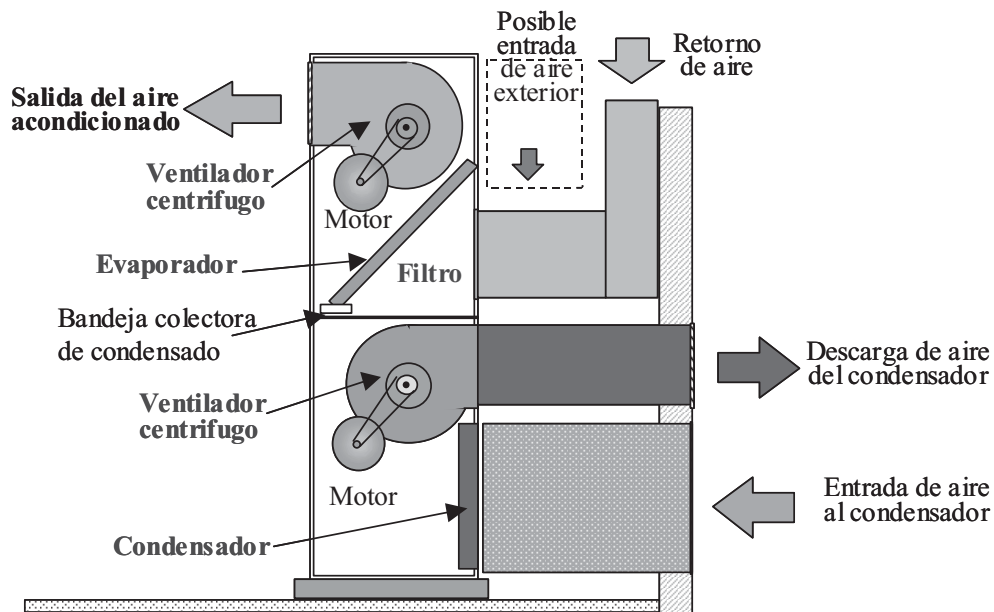
Requiere de la entrada y salida de aire exterior para producir la condensación del refrigerante, el que es impulsado por un ventilador centrífugo, lo cual condiciona su ubicación. Por lo tanto para su montaje debemos proyectar, alimentación y retorno del aire al local a acondicionar, salida y entrada del aire exterior al condensador.

Se lo utiliza cuando esta limitado, el espacio para ubicar la torre de enfriamiento o la utilización de agua para el enfriamiento.

A efectos de dar solución a la mayoría de los problemas que se pueden presenta se han desarrollado diferentes sistema de unidades exteriores:

- Con ventilador axial y descarga horizontal o vertical.
- Con ventilador centrífugo horizontal de baja altura.
- Con ventilador centrífugo vertical.

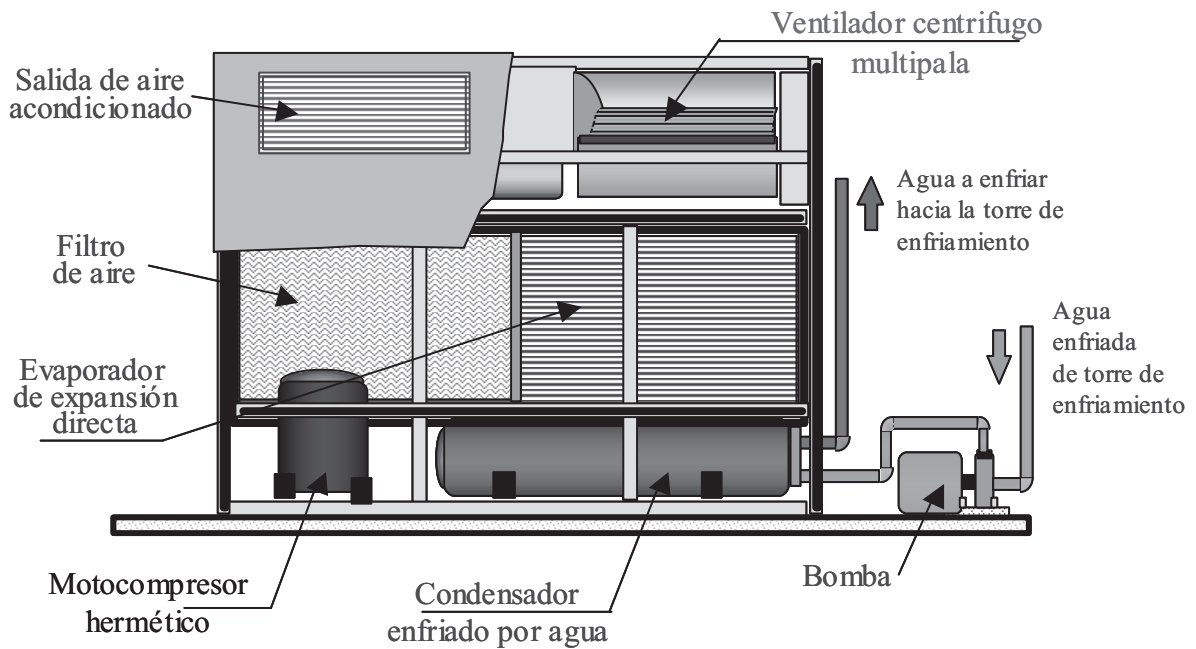
También hay unidades interiores de baja altura, alta presión disponible para conductos, con descarga horizontal o vertical.



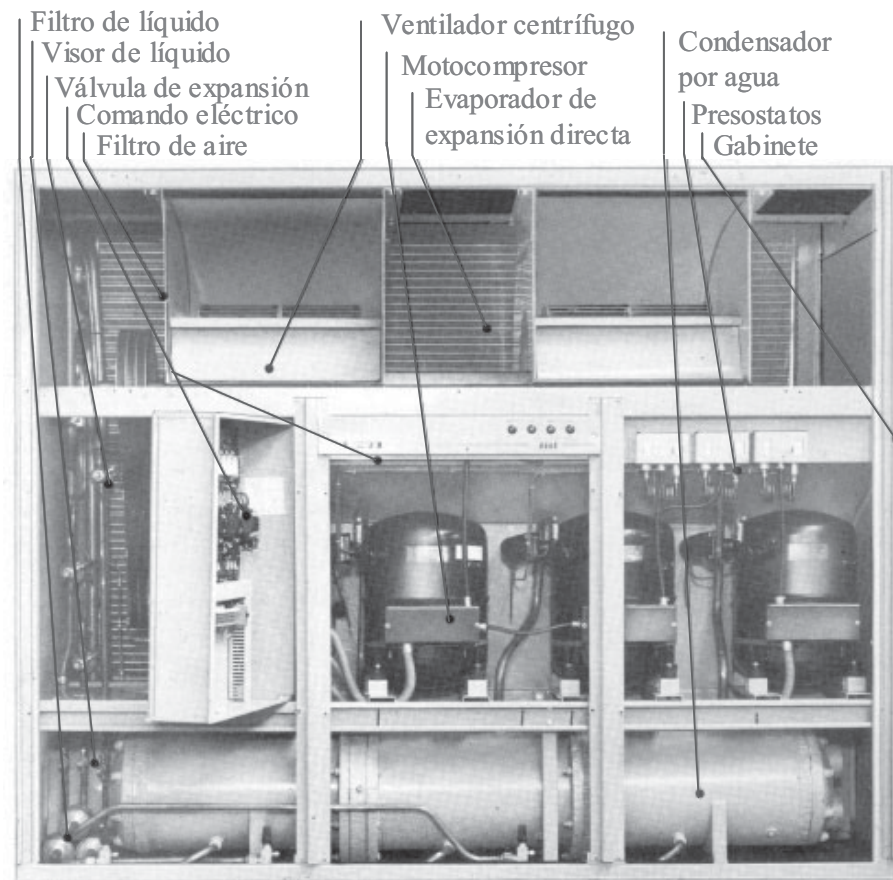
Equipo acondicionador autocontenido - Condensación por aire

❑ **Equipos acondicionadores autocontenidos con condensación por agua:** Son similares a los indicados precedentemente, pero la condensación se produce mediante la utilización de agua de una torre de enfriamiento.

Se instalan normalmente con conductos, pero puede utilizarse plenos de distribución. Son equipos de buen rendimiento, teniendo como inconveniente el mantenimiento mayor que requiere el sistema de enfriamiento.



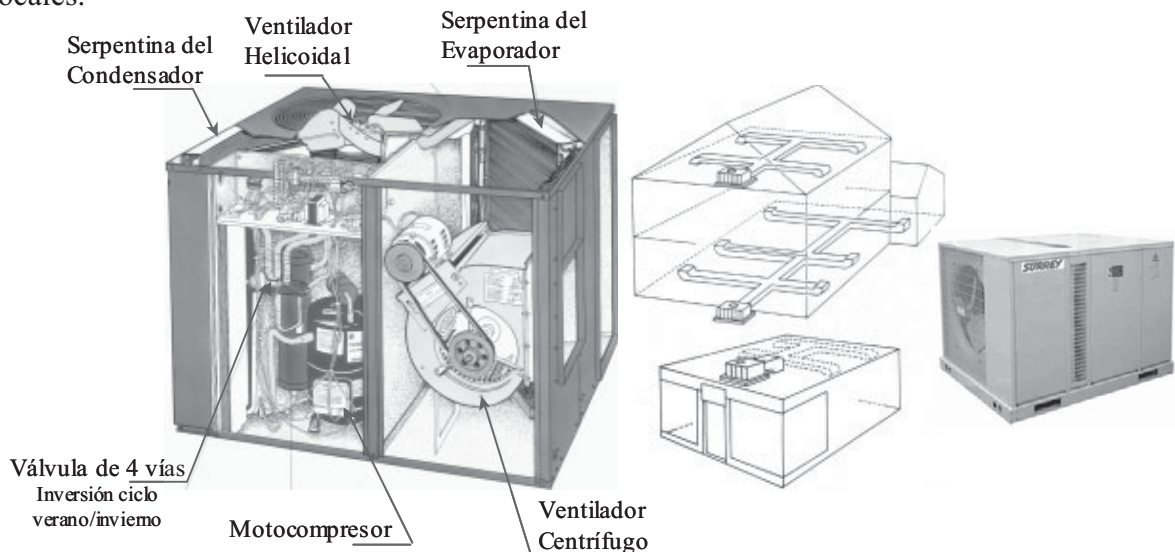
Equipo acondicionador autocontenido - Condensación por agua



❑ **Acondicionadores exteriores o de cubierta ROOF-TOP, enfriados por aire:** Son equipos individuales ideales para aplicarlos en grandes locales comerciales, supermercados, etc.. Preparados para colocarlos al exterior, con conductos de distribución. Se los denomina roof-top, porque generalmente se los instala en techos. Su potencia esta entre 5 a 30 TR.

El ventilador del aire de impulsión debe tener la potencia de impulsión necesaria para vencer la resistencia de la red de conductos y establecer la presión mínima en los equipos terminales para tener una correcta distribución en los ambientes acondicionados.

También se los conoce como “multiambientes”, porque son equipos similares a los individuales o de ventana, pero de mayor tamaño, permiten la distribución de aire con conductos a distintos locales.



2. SISTEMAS CENTRALES

Son sistemas de climatización que se los conoce como todo aire, ya que el aire es tratado en un lugar del edificio e impulsado a los locales a través de una red de conductos.

El conjunto de elementos y equipos que constituyen la planta térmica y la planta de tratamiento se encuentran ubicados en la sala de máquinas, y los conductos de impulsión y de recirculación de aire acondicionado confluyen al acondicionador o planta de tratamiento.

Es central el sistema aún si dividiéramos el acondicionamiento total del edificio en dos o tres equipos, siempre que éstos actúen como unidad central para la distribución del aire a varios pisos en el sentido vertical o a muchos locales en horizontal.

Los elementos básicos componentes de un sistema central son:

1) Planta de calefacción: En la cual se genera el fluido calefactor, vapor o agua caliente, que circulará en la serpentina para el ciclo de invierno.

La componen: caldera, quemador de combustible, tanque depósito de combustible, equipos de alimentación y retorno de condensado, de circulación de agua caliente, etc., equipos accesorios de control y seguridad, etc.

2) Planta frigorífica: Donde se trata el fluido refrigerante que luego circulará en los intercambiadores para el acondicionamiento en el ciclo de verano.

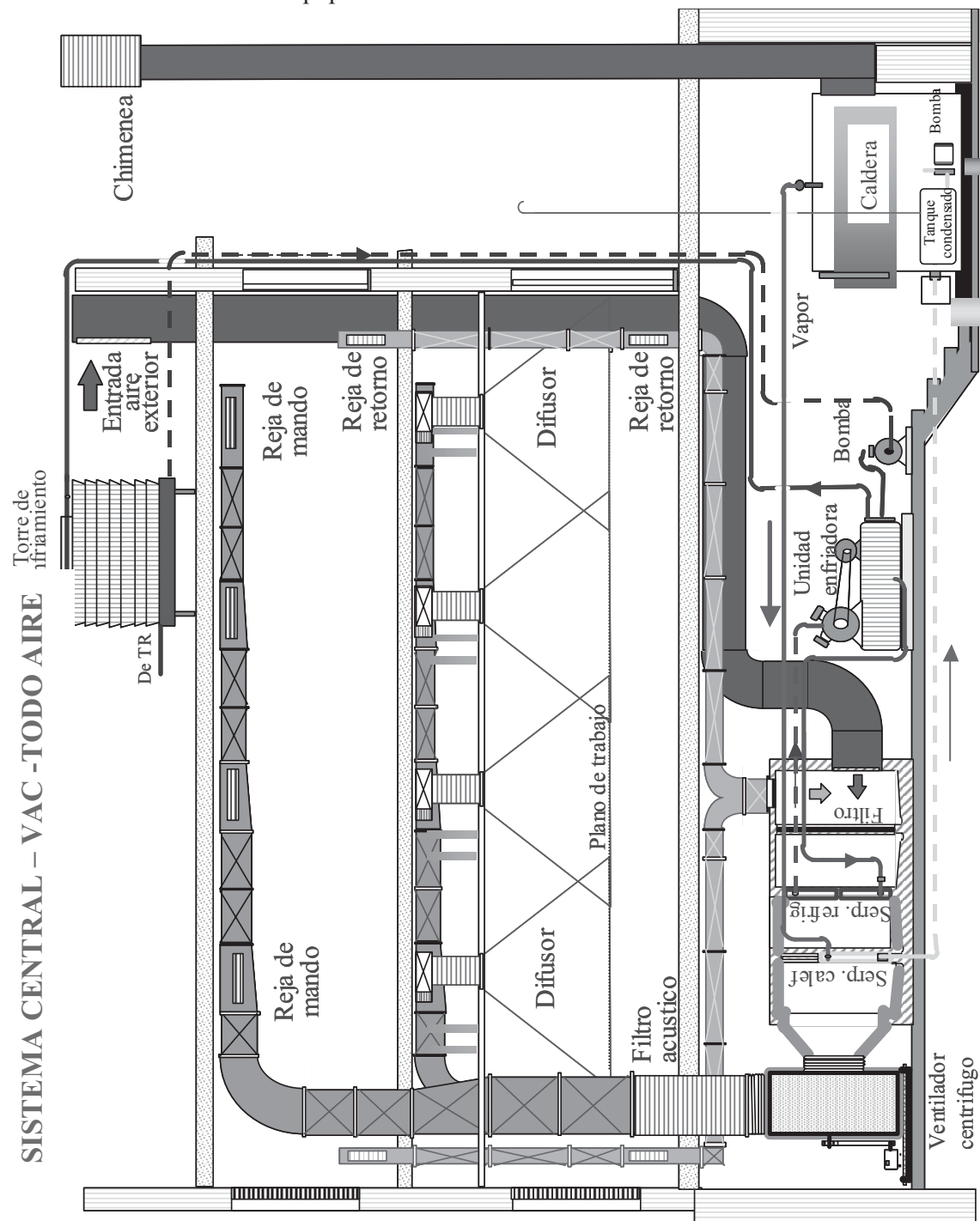
Los equipos que componen esta planta son: máquina frigorífica (compresor alternativo, compresor centrífugo, compresor a tornillo o máquina de absorción), condensador (multibular

con la correspondiente torre de enfriamiento o evaporativo), refrigerante y equipos accesorios, como ser de bomba centrífuga, controles de seguridad y protección, etc.

3) Planta acondicionadora o equipo acondicionador: Donde se realiza el tratamiento del aire, filtrado, calentamiento o refrigeración, humidificación o deshumidificación, mediante la circulación forzada de los fluidos calientes o fríos que provienen de la planta térmica.

4) El sistema de distribución del aire con sus conductos, y equipos terminales, rejillas, difusores, etc.

Como se ha dicho al principio los tres primeros elementos se ubican generalmente en un solo ambiente en la sala de máquinas y los conductos que se distribuyen por el edificio están íntimamente vinculados al equipo de acondicionamiento central.



Por lo tanto el sistema conviene en la medida que las dimensiones de la sala de máquinas y las de los conductos en su recorrido a través de los ambientes del edificio se mantengan dentro de límites económicamente razonables y puedan ser ubicados en forma correcta respecto a las demás estructuras. Desde el punto de vista de manutención el sistema central tiene muchas ventajas porque su control y regulación se concentra en un solo punto con lo cual se simplifica la tarea del personal encargado y se reduce los costos de mantenimiento.

Resumiendo y en línea de máxima, los equipos centrales pueden aconsejarse para edificios con plantas, bastantes extensas y con una elevación de no más de 10 a 12 pisos.

2.1) Sistema central de volumen constante de aire – VAC – Todo aire.

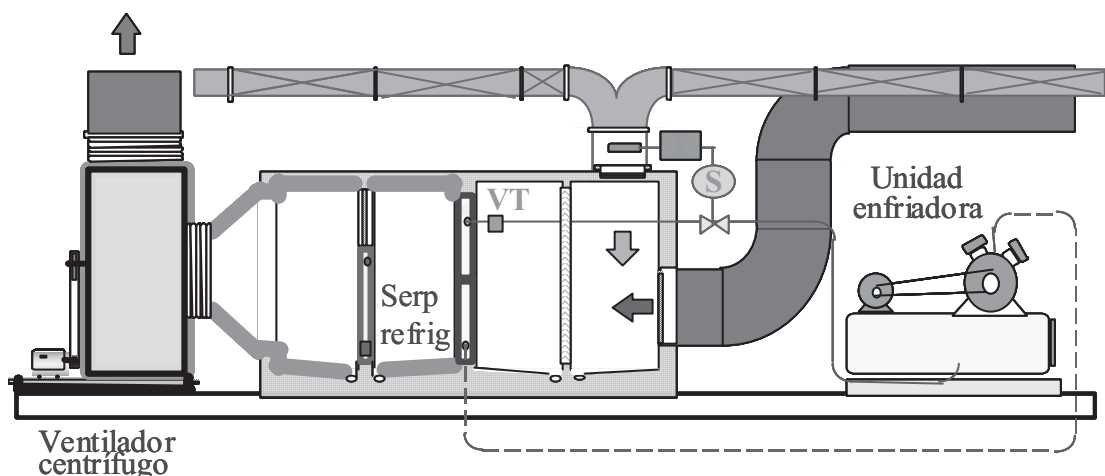
Es el sistema convencional de acondicionamiento central, generalmente de un solo conducto de inyección de aire con salidas estandar de distribución y control directo de las condiciones del local. Se aplica dentro de áreas destinadas a usos constantes de los requisitos de confort, temperatura y humedad principalmente.

La regulación de la temperatura ambiente, enfriamiento, puede ser efectuada por medio de un termostato ambiente, o situado sobre el aire de recirculación, que actúa:

- Sobre el fluido que llega a la batería de enfriamiento
- Sobre un by-pass de la batería de enfriamiento
- Sobre la batería de postcalentamiento.

En cualquier caso el caudal de aire permanece constante.

a) Instalación con regulación de la batería de refrigeración: Al disminuir la temperatura del aire de recirculación, o bien la temperatura ambiente, el termostato T de dos posiciones provoca el cierre de la válvula solenoide S. El compresor continúa en marcha hasta que se para por acción del termostato de baja presión. Cuando la temperatura ambiente aumenta, el termostato T abre la válvula solenoide S y pone en marcha el compresor.



T = Termostato de dos posiciones

S = Válvula solenoide

VT = Válvula de expansión termostática

Instalación con regulación de la batería de refrigeración de expansión directa

Como variante al sistema de regulación descrito, el termostato puede contemporáneamente cerrar la válvula solenoide y parar el compresor. Un temporizador entre el motor del compresor y el del ventilador no permite que el primero se ponga en marcha hasta que el segundo no funcione.

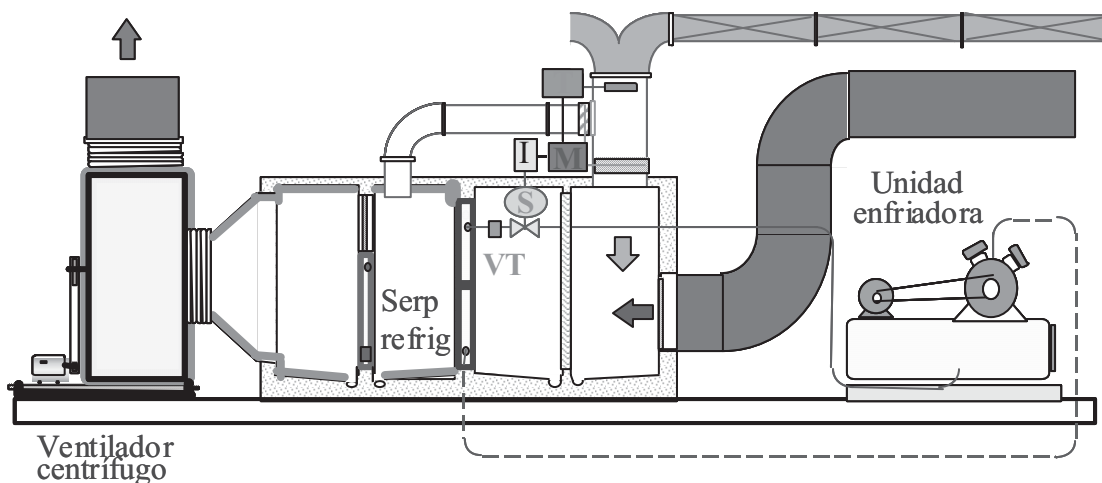
Obsérvese que con este sistema de regulación la temperatura de aspiración del compresor es eminentemente variable y en consecuencia, lo es igualmente la deshumidificación obtenible.

La humedad relativa ambiente tiende a aumentar durante los períodos en los que el compresor está parado ya que el aire exterior de ventilación es introducido en el ambiente sin que sea deshumidificado.

Este tipo de instalación se adapta particularmente a aquellos casos en los que el ambiente posee una carga térmica fundamentalmente constante y en los que el caudal de aire exterior de ventilación con respecto al aire total tratado por el acondicionador es bajo. Este último es, en la mayor parte de los casos, un acondicionador autónomo en el que el motor del compresor está comandado por un termostato.

b) Instalación con regulación del by-pass de la batería de refrigeración: Al disminuir la temperatura del aire de recirculación, o bien la temperatura ambiente, el termostato T hace que el caudal de aire que atraviesa la batería disminuya y que a su vez aumente el caudal by-pasado. Dicho termostato comanda un servomotor modulante M que posiciona las dos compuertas conjugadas.

Para evitar la formación de escarcha sobre la batería en condiciones de carga mínima, un interruptor auxiliar de fin de carrera I, accionado por el servomotor M, cierra la válvula solenoide S situada en la alimentación de la batería de expansión directa cuando la compuerta de dicha batería se aproxima a la posición de completamente cerrada.



T = Termostato de dos posiciones

S = Válvula solenoide

VT = Válvula de expansión termostática

M = Servomotor modulante.

I = Interruptor de fin de carrera

Instalación de expansión directa con by-pass del aire de recirculación.

El compresor se para, por lo general, accionado por el presostato de baja presión no pudiendo ponerse de nuevo en marcha hasta que el interruptor I como consecuencia de un aumento de la temperatura ambiente no abra de nuevo el solenoide S.

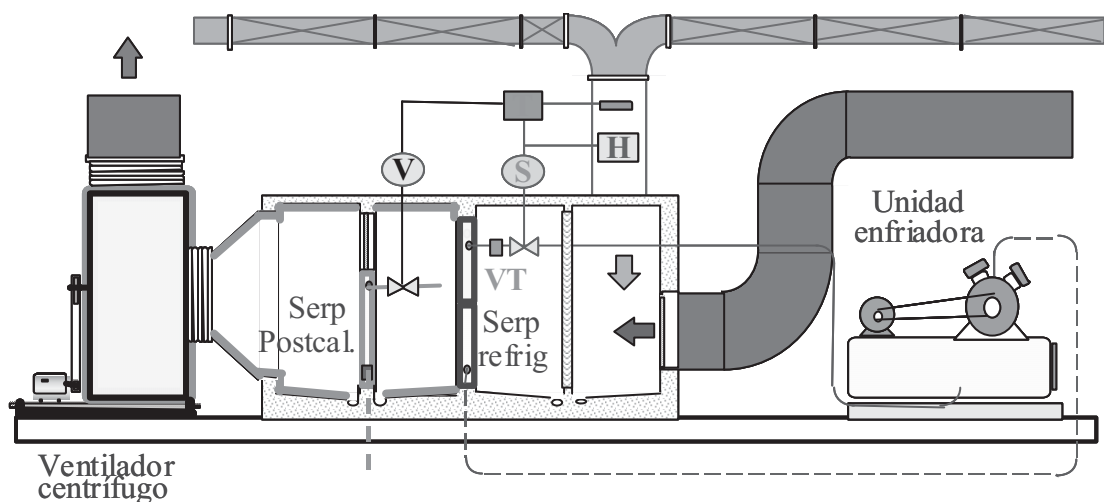
Obsérvese que es más conveniente by-pasar el aire de recirculación en lugar del aire exterior o la mezcla aire exterior-aire de recirculación, cuya humedad específica es más elevada.

Este tipo de regulación presenta sustanciales ventajas con respecto al tipo todo o nada anteriormente descrito ya que la temperatura ambiente es mucho más constante y el control de la humedad relativa es notablemente mejor puesto que al disminuir la carga sobre la batería de refrigeración disminuye la temperatura de evaporación del refrigerante y por lo tanto, la humedad específica del aire a la salida de la batería. Este efecto no es tan sensible en el caso de que la batería esté alimentada por agua enfriada.

Para los efectos de cálculo del caudal de aire a introducir en el ambiente es necesario tener en cuenta que, incluso cuando la compuerta de by-pass está completamente cerrada, aproximadamente un 10 % del aire impulsado por el ventilador pasa a través de ella, es by-pasada. Por lo tanto, los ventiladores y los conductos deberán ser dimensionados para un caudal igual al 110 %, del que sería necesario enfriar deshumidificar, y que se deduce del cálculo térmico.

c) Instalación con regulación de la batería de postcalentamiento: Al aumentar la temperatura del aire de recirculación el termostato T abre la válvula solenoide S y el grupo se pone en marcha.

Al disminuir la temperatura del aire de recirculación el termostato T cierra la válvula solenoide S y abre progresivamente la válvula modulante V colocada en la batería de postcalentamiento. Al aumentar la humedad relativa del aire de recirculación el humidistato H abre la válvula solenoide S y el grupo frigorífico se pone en marcha enfriando y deshumidificando el aire a su paso por la batería. El termostato T regula el postcalentamiento de dicho aire de manera que la temperatura en el ambiente sea la requerida.



- T = Termostato de dos posiciones
- S = Válvula solenoide
- VT = Válvula de expansión termostática
- H = Humidistato
- V = Válvula modulante.

Instalación de expansión directa con postcalentamiento.

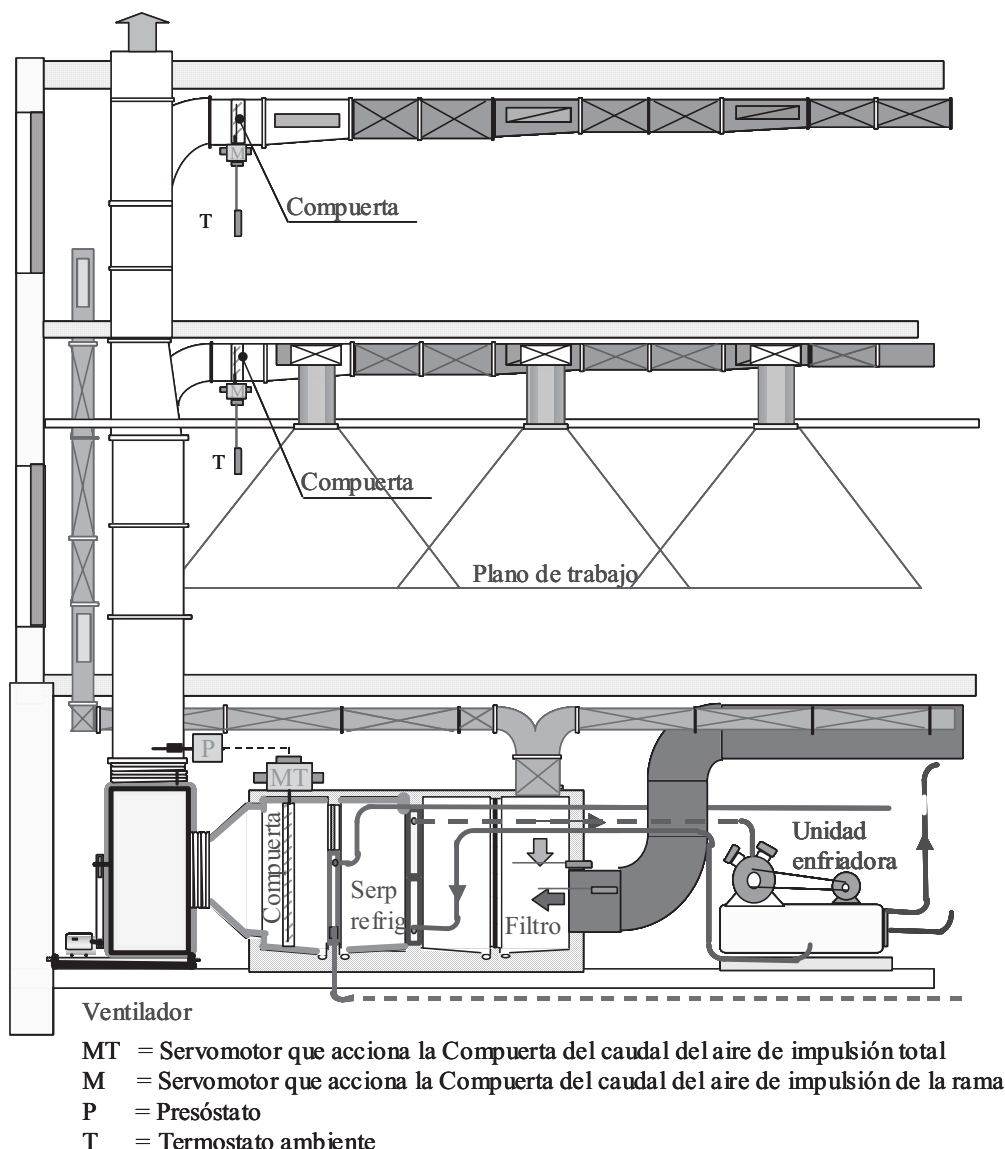
La instalación descrita nos permite pues mantener en el ambiente la temperatura de proyecto y una humedad relativa igual o inferior a la de proyecto.

Obsérvese que el tipo de instalación anteriormente descrito, completado si fuese necesario por algunos dispositivos adicionales, como por ejemplo humidificadores, nos permite realizar una regulación segura y a la vez independiente de la temperatura y de la humedad relativa en el ambiente y que desde un punto de vista funcional es el mejor tipo de instalación que puede ser concebida con la desventaja, sin embargo, de presentar un coste inicial y un coste de funcionamiento bastante elevado.

2.2) Sistema central de volumen variable de aire – VAV – Todo aire.

Es sistema VAV «Volume air variable» es un sistema todo aire que pretende regular las condiciones térmicas del local modificando o variando el caudal de aire frío que se introduce, sin modificar la temperatura del mismo. Si la carga térmica disminuye el VAV suministra menos caudal de aire tratado siempre a la misma temperatura. Para conseguirlo se emplean compuertas que se regulan automáticamente en función de la temperatura del local controlada mediante un termostato.

Descripción del sistema:

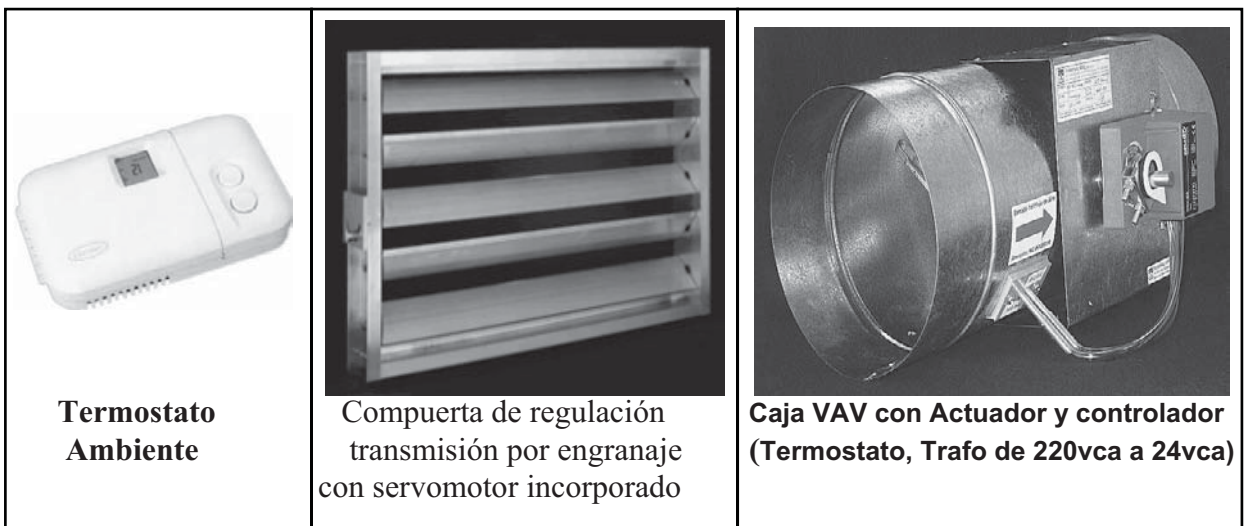


Sistema volumen de aire variable – VAV

El funcionamiento del sistema para el ciclo de refrigeración, cada ramal del sistema climatiza un local, en el cual tendremos un termostato (T) tarado a una cierta temperatura. El sistema funcionará para que, en situación de carga máxima la temperatura del local sea la fijada para las condiciones de confort para dicho local.

Si la carga disminuye, como llega el mismo frío a la misma temperatura, la temperatura del local disminuye, el termostato detecta esta disminución de temperatura y envía una señal al servomotor (M) de la compuerta del ramal correspondiente, cerrándola ligeramente. Esto provoca una disminución del caudal de aire que llega al local, con lo cual la temperatura vuelve a subir hasta alcanzar de nuevo la temperatura de confort establecida para dicho local.

Si la disminución de caudal ocurriese simultáneamente en los demás ramales, se produciría una variación de presión estática que podría producir un aumento de caudal de aire en los ramales en los que no ha habido regulación. Para evitar esto, un presostato (P) colocado en la impulsión regula una compuerta motorizada (MT) situada en la aspiración para tener siempre la misma diferencia de presión en el ventilador.



El sistema VAV, cuando puede aplicarse, es aconsejable, ya que se produce el frío necesario para cotrarrestar la carga térmica en cada momento, pero no más del necesario, lo que redundaría en un beneficio económico.

No siempre es posible utilizarse un sistema VAV. Si la carga térmica disminuye considerablemente, la reducción del caudal sería muy acusada, lo cual puede causar los siguientes inconvenientes,

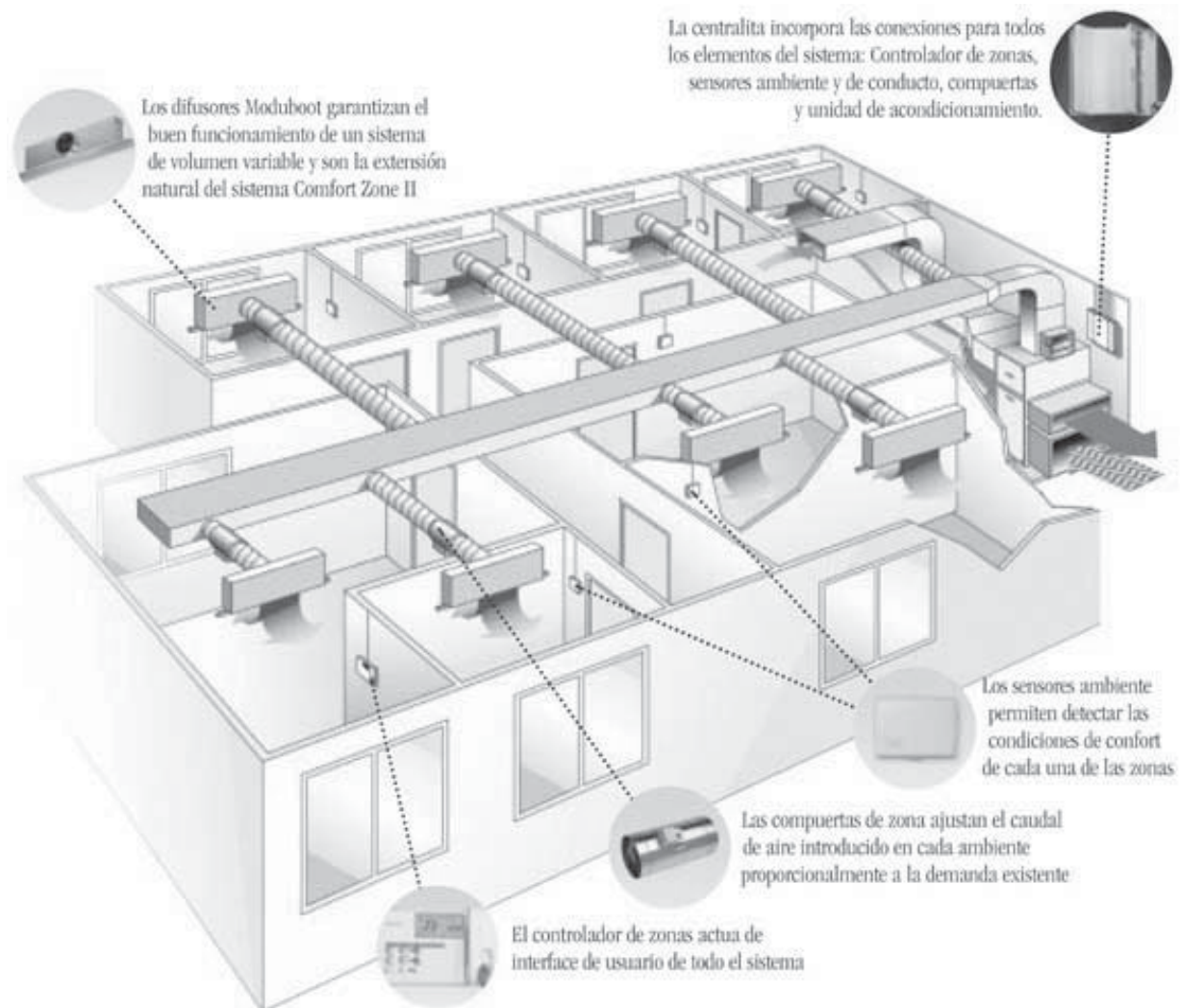
- Se desequilibraría el sistema de conducción de aire y trabajaría fuera de las condiciones interiores de humedad y temperatura, de diseño establecidas.
- Puede no cumplir las condiciones mínimas de ventilación exigidas para el local. Recordemos que el aire mezcla esta compuesta por un porcentaje de aire exterior, el cual depende de la sobrepresión a producir en el local para el funcionamiento del sistema y los requisitos de ventilación que necesitan los ocupantes.

El sistema VAV sólo puede aplicarse cuando el caudal total pueda disminuir hasta un 25 % del aire total, siempre se debe verificar las condiciones de ventilación y sobrepresión en el local.

Si la unidad terminal es la que regula el caudal, esta se convierte en una pieza fundamental del sistema, ya que es la encargada de realizar la difícil misión de regular el caudal de aire, en función de la carga térmica e inyectarlo en el local.

Estas funciones pueden darse por separado, es decir, algunos fabricantes suministran estos equipos terminales por una parte el elemento difusor y por otra parte la caja de regulación del caudal.

Sistema volumen y temperatura variable - Carrier



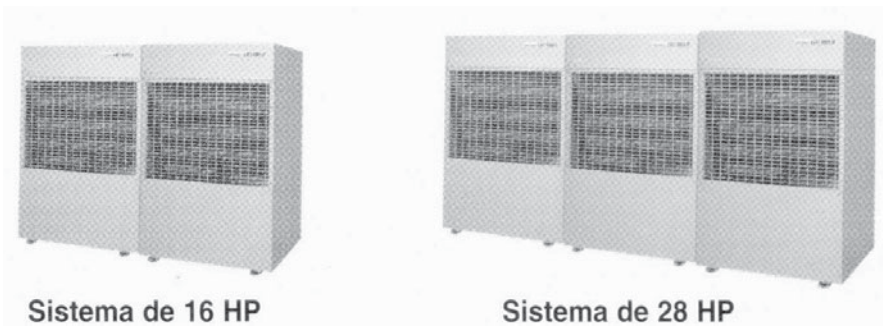
3. SISTEMA DEVOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE – VRV

Se trata de un sistema de moderna tecnología desarrollado en la década del 80, como respuesta a la crisis energética mundial, consecuencia de la crisis petrolera del año 1973.

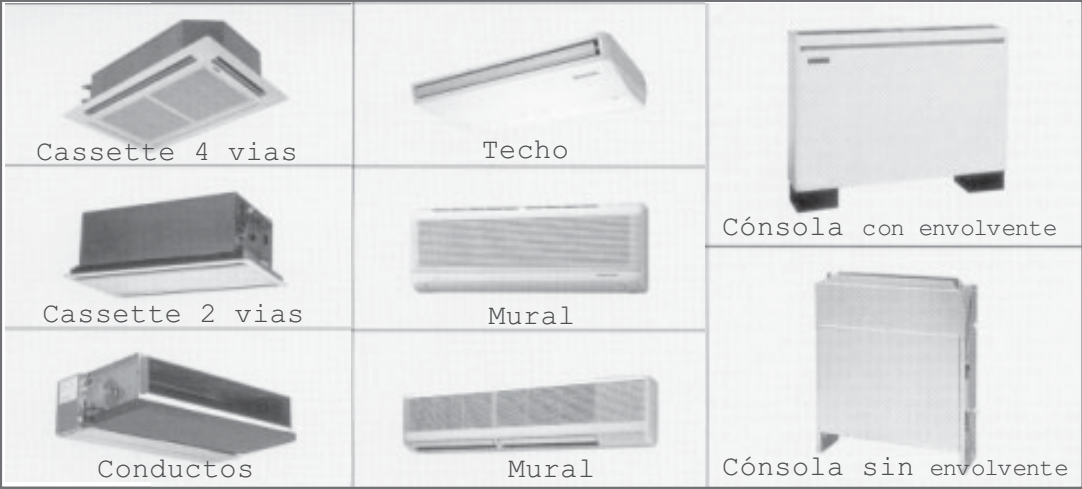
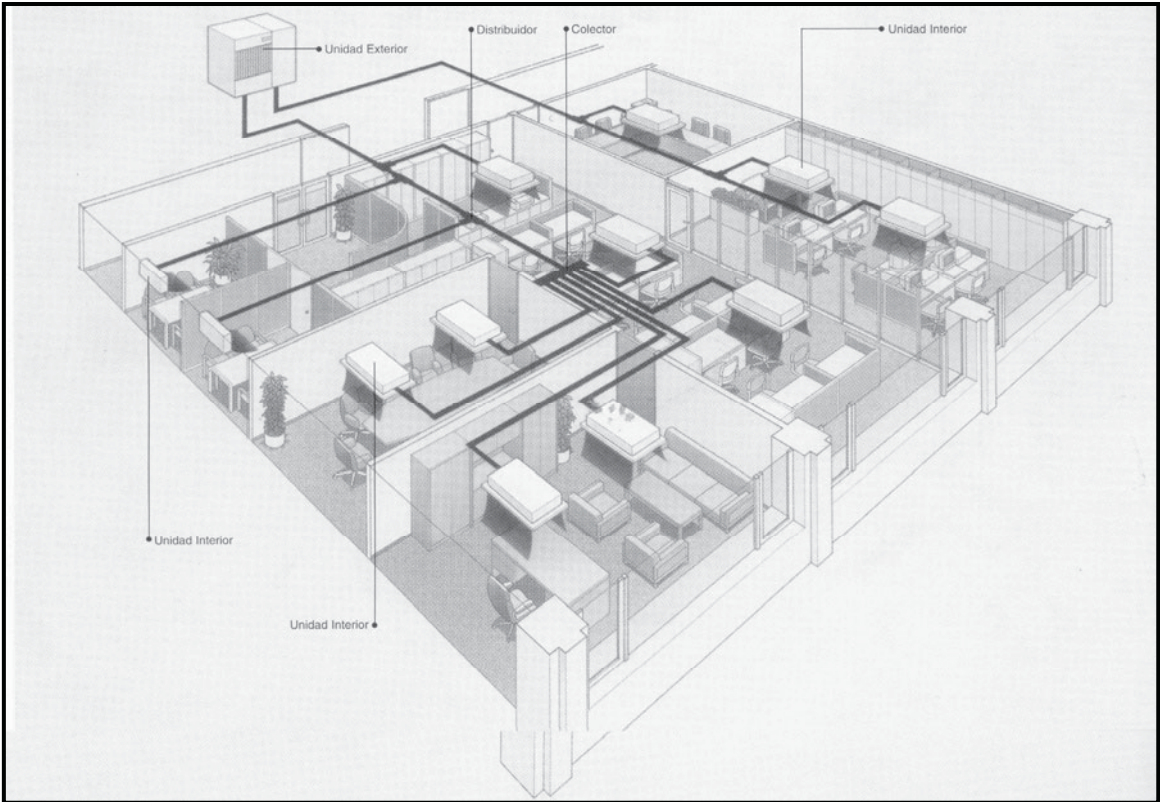
Consiste básicamente en un sistema de tratamiento del aire por expansión directa, que permite eliminar la utilización del agua como fluido intermediario caloportador.

Está conformado por una unidad condensadora, compresor y condensador, que puede servir simultáneamente a un número máximo de 16 a 24 unidades evaporadoras.

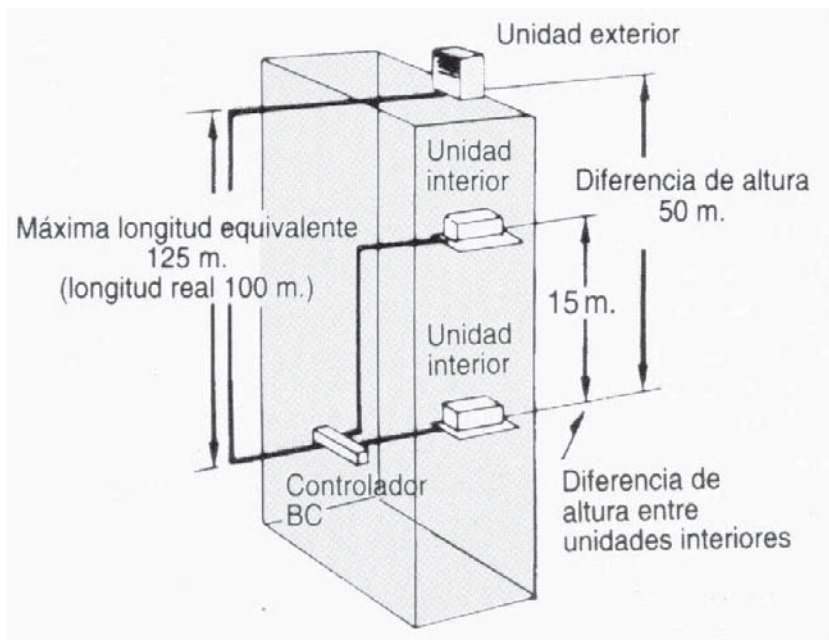
Las capacidades de las unidades condensadoras ofrecidas oscilan por lo genral en módulos entre 5 TR y 30 TR .



Los distintos fabricantes ofrecen en general una variada gama de tipos y capacidades que permiten adaptarse a las exigencias arquitectónicas y a los requerimientos funcionales.



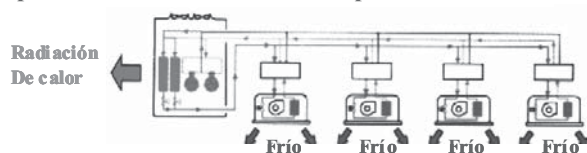
Una característica distinta del sistema, común a todas las marcas del mercado, es la aptitud del sistema a funcionar con distancias de hasta 100 m y desniveles de 50 m entre la unidad condensadora y la unidad evaporadora más lejana.



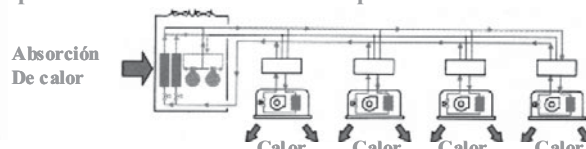
Si bien en general las unidades condensadoras son por circulación de aire también existen en el mercado unidades condensadoras por agua.

El sistema puede proporcionar calefacción y refrigeración en forma simultánea si así se lo proyecta, debiendo colocar un controlador, BC o BS, según fabricante, el cual permite un ahorro de energía por recuperación de calor.

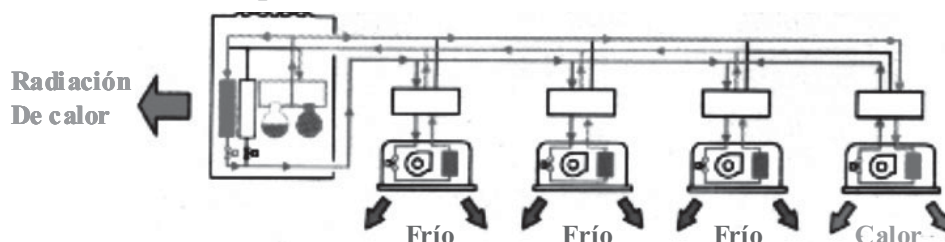
Operación Radiación de calor – Operación solo frío



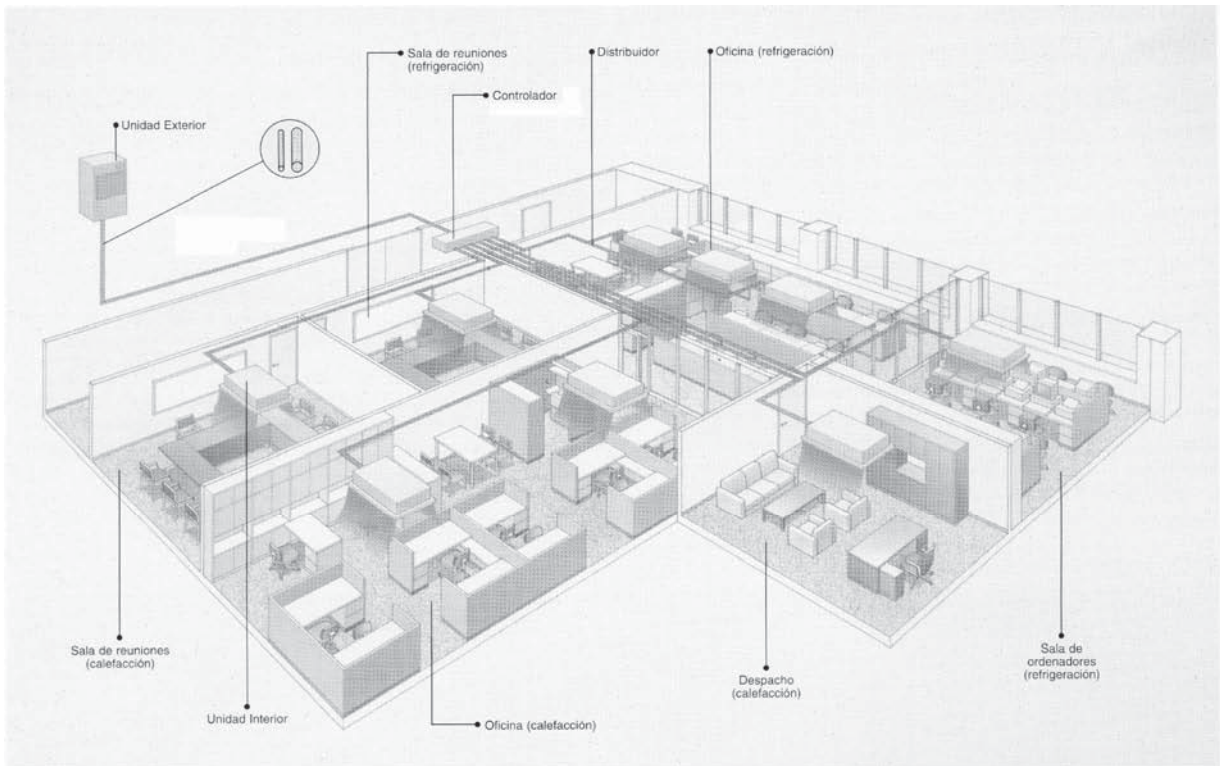
Operación Radiación de calor – Operación calefacción total



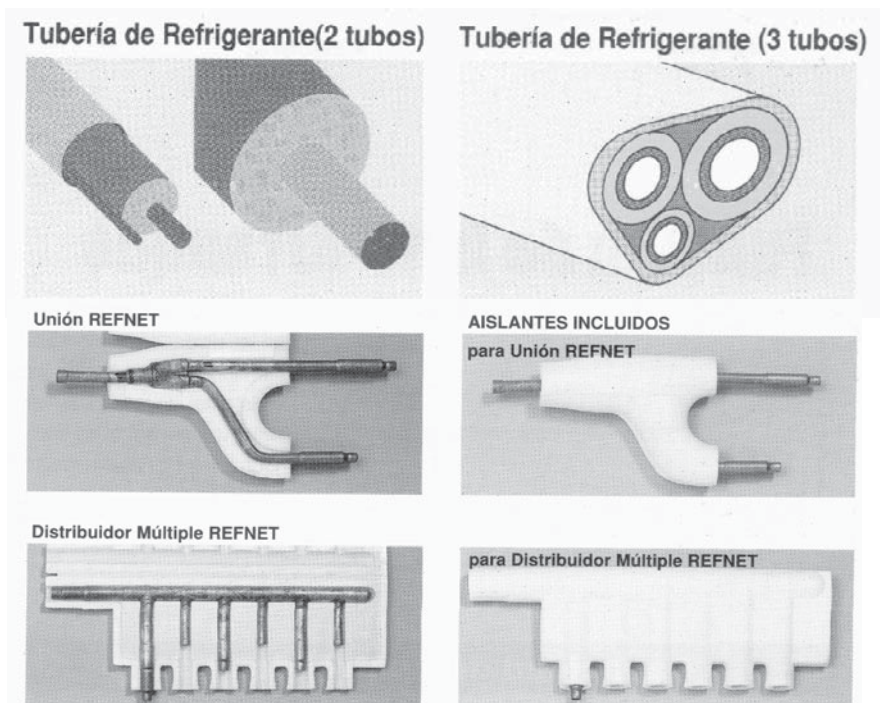
Tendencia de radiación de calor operación recuperación de calor
Operación frío - Calefacción secundaria



Puede proporcionar refrigeración si la temperatura exterior cae hasta -5°C y calefacción incluso hasta -15°C .



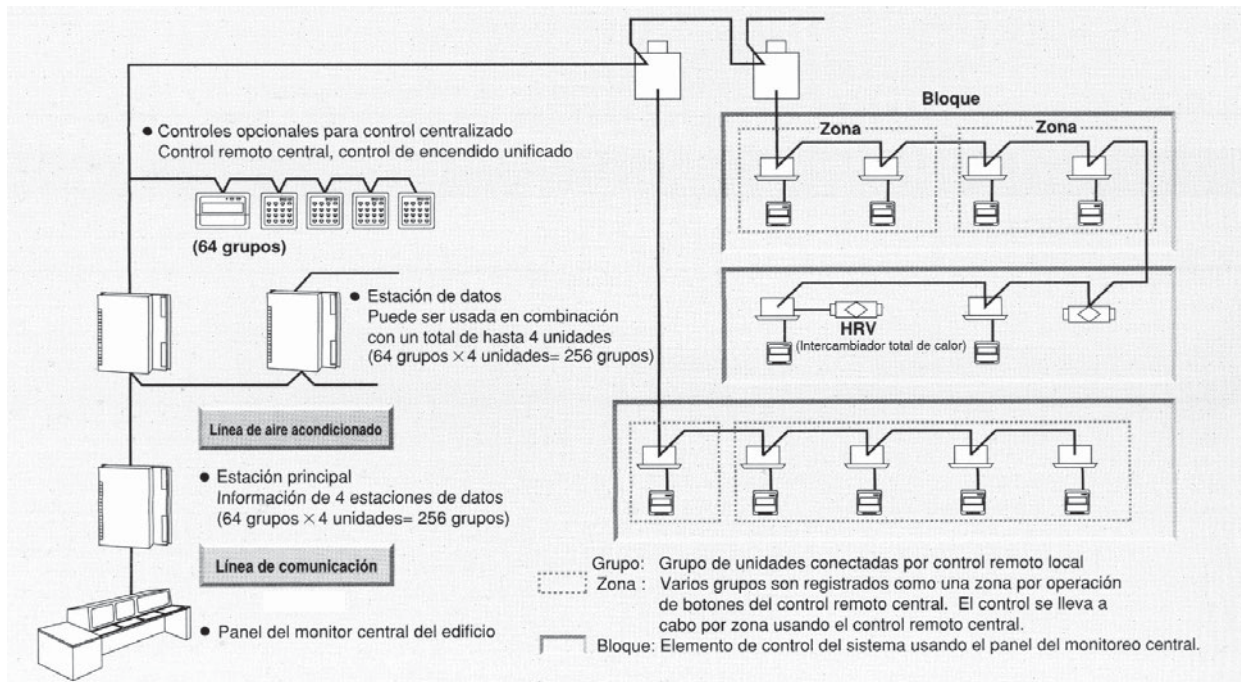
Por lo general se utiliza un compuesto de refrigerantes hidrofluorcarbonados, HFC 32, HFC 125, HFC 134a, en la instalación de caudal variable de refrigerante, la cantidad de refrigerante líquido acumulado varía en gran medida por la longitud de la tubería, el número de unidades interiores en funcionamiento, el modo de funcionamiento, la temperatura externa y la temperatura ambiente. El rango de presión en alta varía desde 1,5 mpa a 2,5 mpa.



Todos estos sistemas son comandados y controlados mediante un microprocesador que incorpora modernas técnicas digitales que hacen al control interno de su propio funcionamiento. Permite infinidad de combinaciones entre control individual, el control por grupos o el control centralizado.

Su control operativo y de fallas así como su integración en un sistema inteligente global, incluyendo otros sistemas de aire acondicionado y ventilación, permite la comunicación e interacción con sistemas de administración del edificio (B.M.S.).-

Conexión con BMS interfases de acceso directo a una computadora de manejo del edificio.

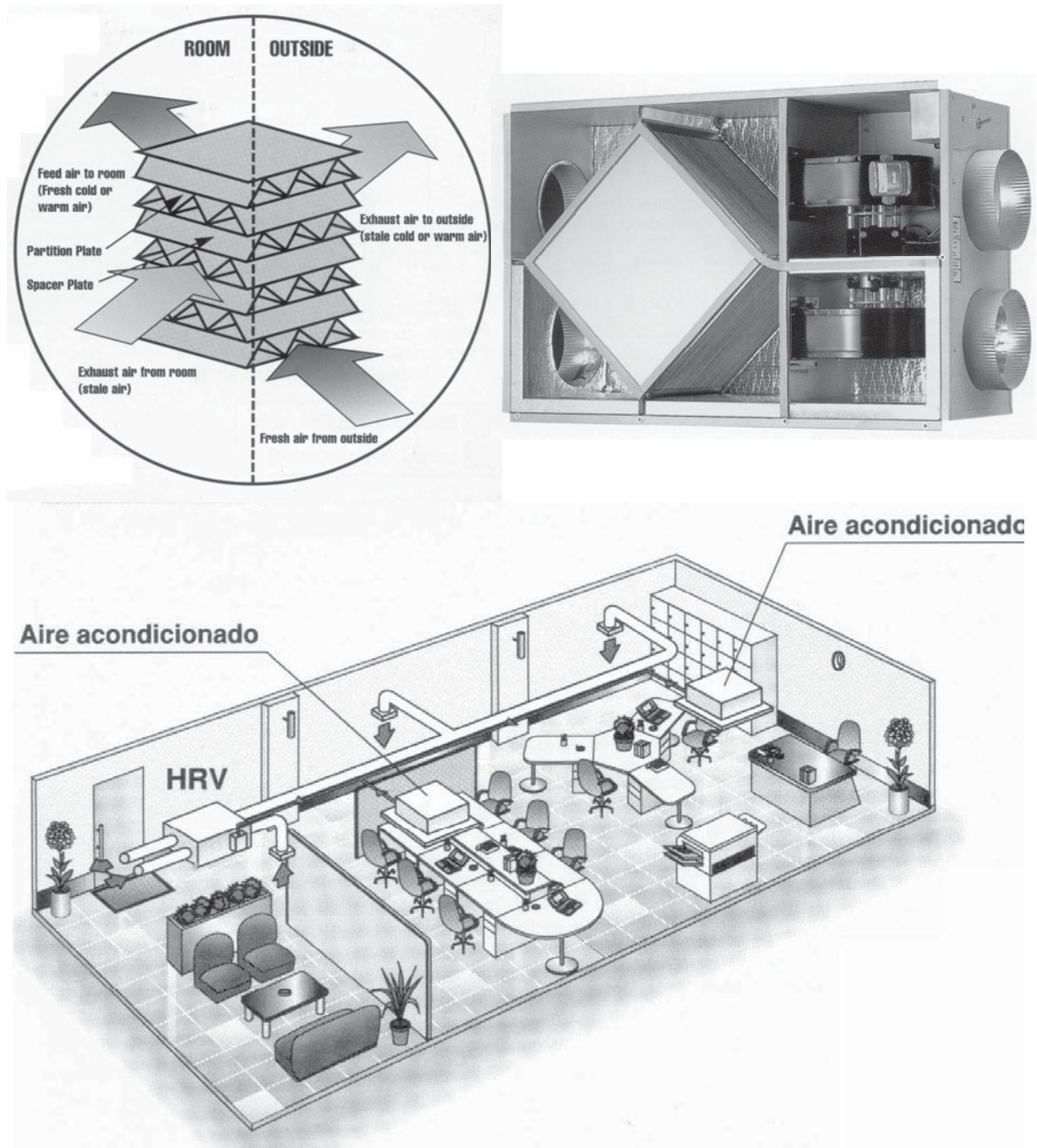


Algunos modelos tienen la posibilidad de recuperar energía en aquellos casos en que se requiera refrigeración y calefacción, se debe proyectar con controladores BC o BS según fabricante, simultáneas en zonas servidas por una misma unidad condensadora.

El sistema se debe complementar con un sistema de renovación de aire para satisfacer las necesidades de ventilación de los locales a acondicionar.

El sistema VRV en general es combinado con un sistema de ventilación con recuperación de calor HRV o Lossnay, según fabricante, a fin de conservar la calidad del aire interior suministrando oxígeno en la cantidad suficiente, realizando la limpieza del aire, controlando la temperatura y la humedad.

El HRV o Lossnay es un intercambiador de calor de flujo cruzado construido con láminas y aletas de papel tratado. De manera tal que el pasaje que lleva el aire viciado desde la parte interior hasta la exterior y el aire fresco del exterior están totalmente separados. El papel tratado es permeable al paso del vapor de agua, e impermeable al paso de ciertos gases como CO₂ y el NO₂. Se produce un intercambio de calor entre el aire exterior a inyectar y el aire interior a expulsar del local, permitiendo reducir notablemente el calor que se pierde en la salida del aire viciado.

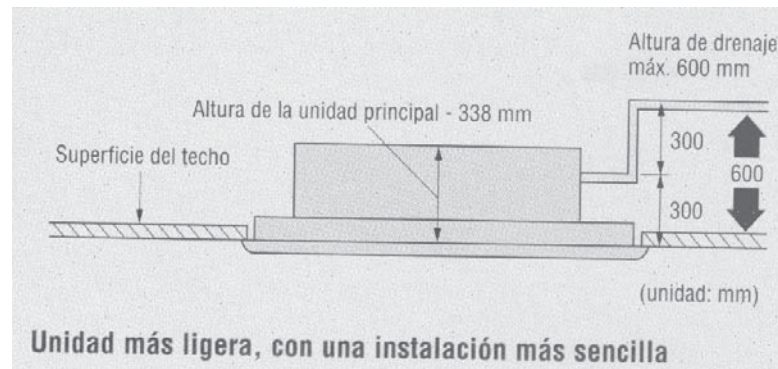


❑ Consideraciones sobre unidades interiores:

Montado en techo de cassette o en ducto:

- Según el fabricante requieren una altura de entretecho entre 20 cm y 35 cm de espacio libre para ubicarlos. Si el filtro es de alta eficiencia se debe adicionar 5 cm más.

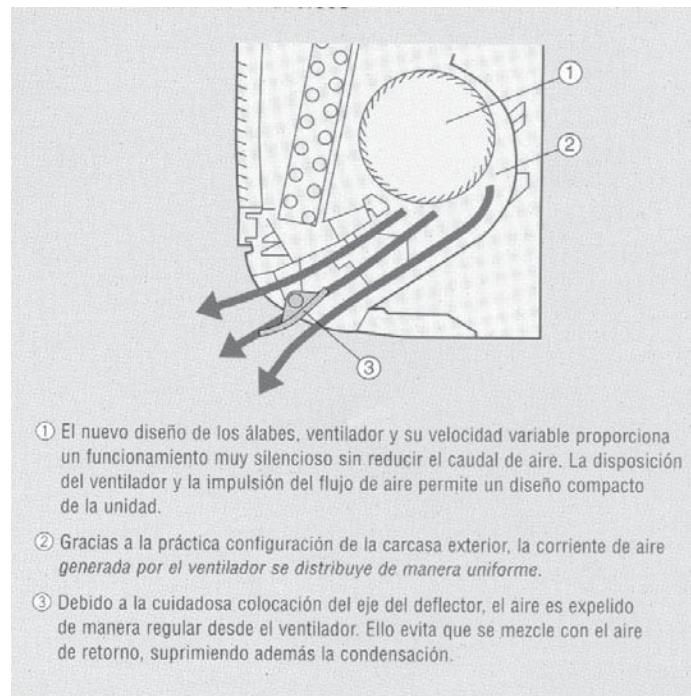
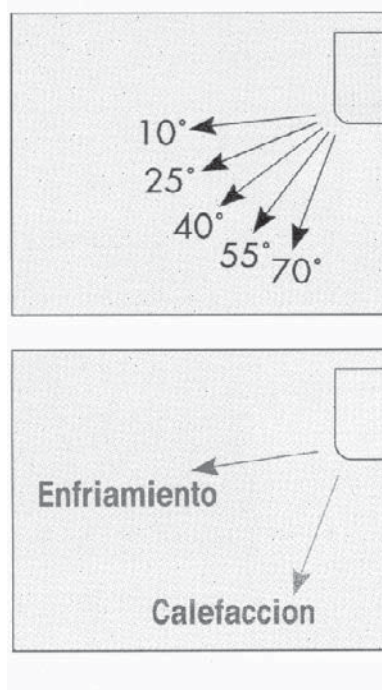
- Tienen bajo ruido de operación entre 25 DB a un máximo de 43 DB.
- Flujo de aire para uso de techos altos entre 2,7 m a 3,7 m.
- Mecanismo de movimiento automático de las aletas que asegura una distribución uniforme del aire y temperatura ambiente
- La bomba de drenaje tiene una capacidad de bombeo entre 600 mm a 750 mm según modelo.



- Para los equipos empotrados en techo con ducto la presión estática es del orden de los 100 Pa (10 mm H₂O), a más de 150 Pa (15 mm H₂O), lo cual proporciona flexibilidad en el diseño del conducto de aire y sus ramificaciones.

Suspendido en cielorraso o empotrado en muro:

- Según el fabricante el espesor de la unidad oscila entre 20 cm y 30 cm.
- Tienen bajo ruido de operación entre 30 DB a un máximo de 45 DB.
- Flujo de aire para uso de techos altos hasta 3,5 m.
- Mecanismo de movimiento automático de las aletas que asegura una distribución uniforme del aire y temperatura ambiente. Ángulo de descarga entre 10° y 70°.
- La bomba de drenaje tiene una capacidad de bombeo entre 600 mm a 750 mm según modelo.



XI.4 SISTEMA DE EXPANSIÓN INDIRECTA - SISTEMAS MIXTOS

Los sistemas mixtos consisten en una planta térmica central que prepara el agua fría o caliente y en unidades individuales ubicadas en los ambientes a acondicionar, a los cuales llega el agua y donde el aire es tratado y distribuido, consiguiéndose así la supresión de los conductos de distribución del aire desde el equipo acondicionador central hasta los locales a acondicionar.

Este sistema se utiliza en edificios de desarrollo preponderantemente vertical, generalmente de gran altura, ya que de utilizarse un sistema central los conductos de mando y retorno resultarían de dimensiones excesivas, para la superficie cubierta, los conductos verticales manejan grandes caudales de aire a baja velocidad.

Este sistema puede ser:

1. Sistema todo agua - Ventilador-Serpentina (Fan - Coil).-
2. Inducción – Sistema agua aire

4.1) Sistemas “Todo Agua” Fan-Coil individuales

Los sistemas “todo agua” constan de equipos enfriadores o calentadores de agua centralizados en el edificio, desde donde se la distribuye fría o caliente, según la estación del año, mediante cañerías y bombas, a equipos terminales en los locales, denominados fan-coil.

La unidad se compone básicamente de una sección ventiladora (fan) y una serpentina con aletas (coil), de allí el nombre con que se la designa.

El ventilador origina la circulación del aire del local, haciéndolo atravesar la serpentina que es alimentada con agua fría o caliente.

La distribución del aire en el local se efectúa directamente sin utilización de conductos, precisamente, por estas características se denomina estos sistemas “todo agua”.

El aire del local es mezclado con cierta parte de aire exterior en el pleno inferior del equipo, para satisfacer las necesidades de ventilación del recinto. Este aire mezclado, previo paso por la

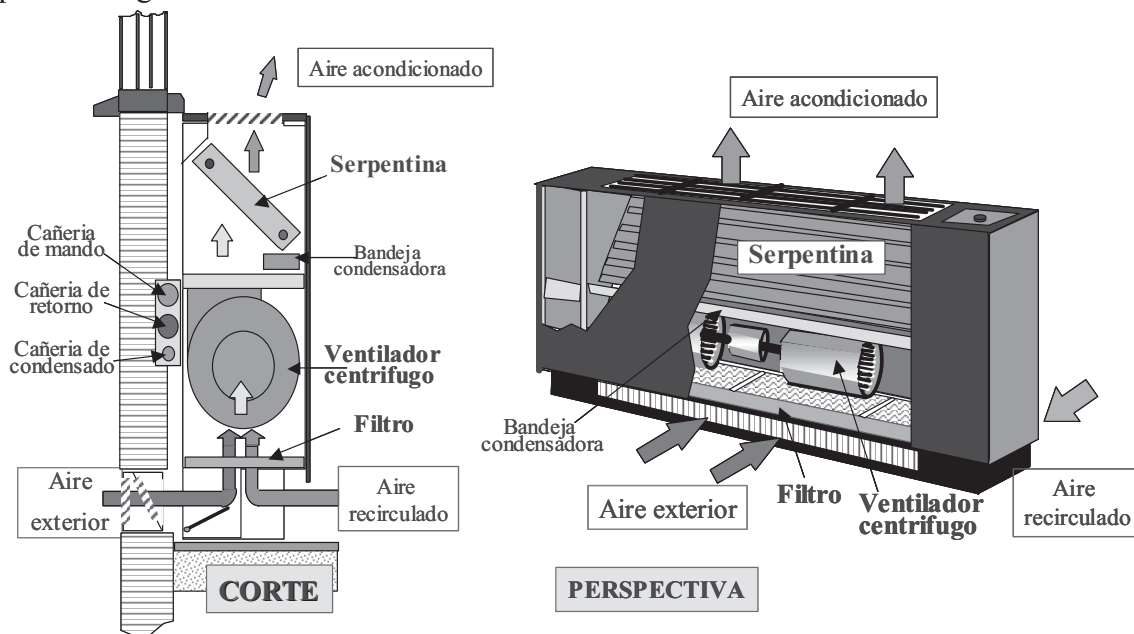
serpentina es filtrado, para mantener en el local un ínfimo tenor de polvo y, a la vez, para evitar suciedades en el ventilador y en la serpentina.

Cada unidad se provee con su gabinete, que contiene todos los elementos indicados, distribuyendo el aire mediante una reja horizontal o frontal.

Los aparatos se ubican, sobre una pared exterior, bajo una ventana.

El fan-coil, puede ser de tiro vertical, u horizontal, permitiendo este ultimo colocarlo en los entretechos o cielosrasos armados.

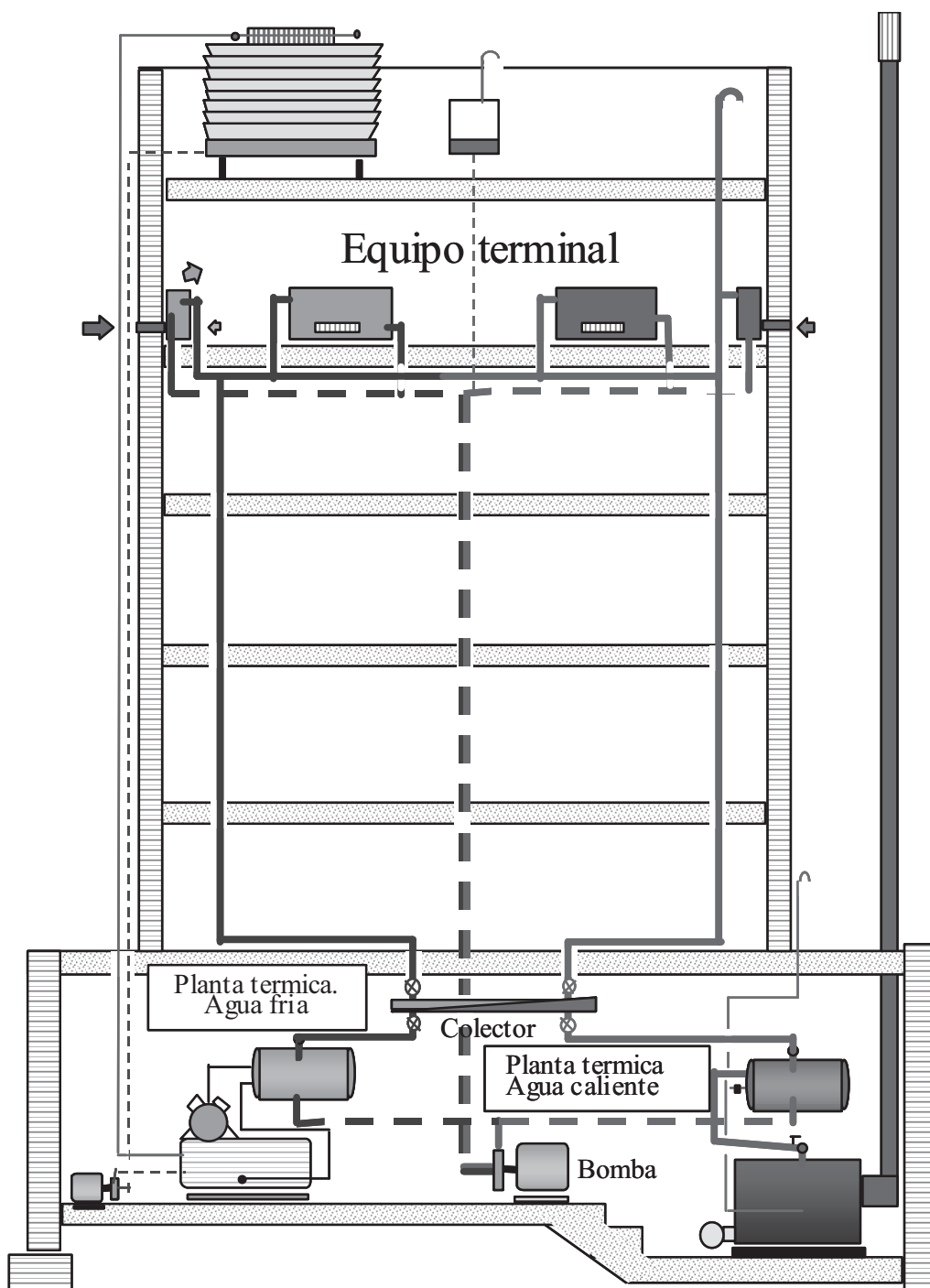
Las dimensiones de los gabinetes de los fan-coil de tiro vertical son aproximadamente de 30 cm. de profundidad, 60 cm. de altura, variando su largo de 70 a 140 cm. De acuerdo a su capacidad frigorífica.



Requieren una manutención onerosa debido a la multiplicidad de partes móviles, motores, el volumen de aire exterior es aspirado generalmente en forma directa del exterior, lo que exige un cuidadoso proyecto de la toma de aire y de la persiana de regulación, para evitar la entrada de aire a presión, viento, de agua de lluvia o efectos de tiraje inverso generado por las corrientes ascendentes paralelas al paramento exterior del edificio, efecto chimenea, que puede prevalecer sobre la presión positiva generada por los ventiladores centrífugos del aparato.

En cambio su ubicación es muy flexible ya que están conectados únicamente sobre las redes de circulación de agua y de electricidad, que fácilmente permiten desplazamientos.

Dentro de ciertos límites el usuario puede controlar el grado de confort, actuando sobre la velocidad de los ventiladores y el caudal de agua, debemos tener en cuenta que su alcance no excede de 5 a 6 m., para mayores profundidades de tratamiento se los puede combinar con un sistema central, es decir el corazón del edificio, zona de circulación generalmente, debido a que no está expuesto a la radiación solar ni a las pérdidas por transmisión del exterior exige mínimo caudal.



Sistema fan-coil de cañería simple (dos cañerías)

4.2) Sistemas “Agua Aire” - Inducción

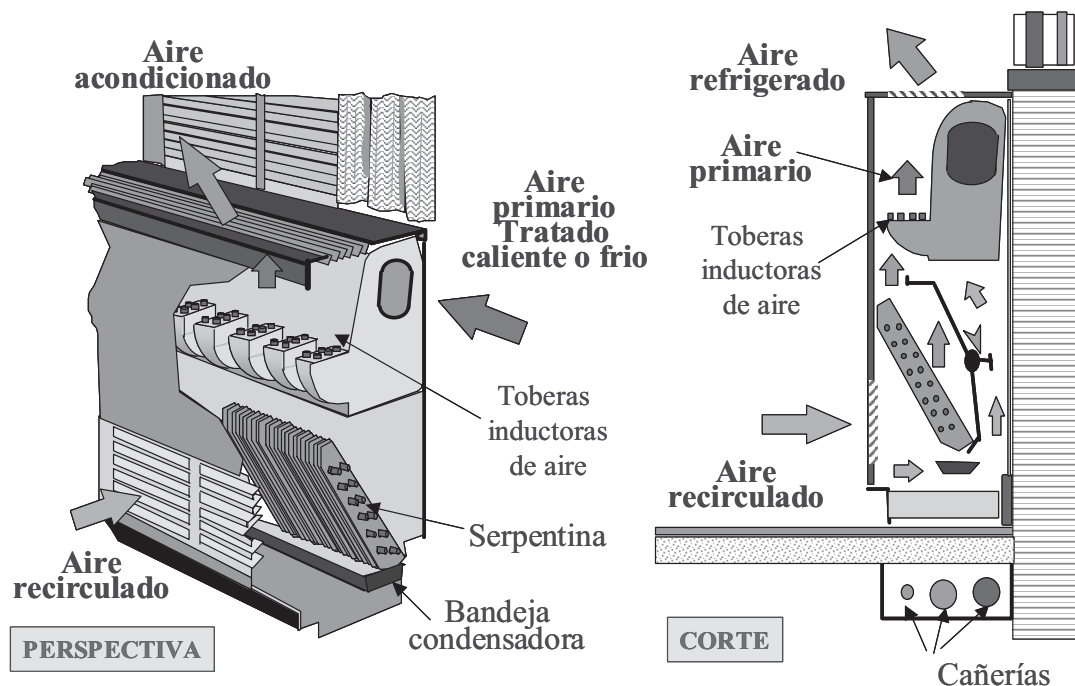
En este caso se reemplaza el motor eléctrico de accionamiento de los ventiladores, por un determinado volumen de aire que es impulsado a alta velocidad a una cámara a través de toberas múltiples a alta presión y velocidad, lo que provoca una inducción direccional o sea una zona de depresión debajo de la misma que induce el aire del ambiente hacia la cámara, donde,

previo paso por una serpentina, se mezcla con el aire impulsor o aire primario y entra nuevamente en el ambiente. Este aire de circulación se llama aire secundario.

El aire primario es la totalidad del aire exterior necesario para la adecuada renovación y para el efecto de inducción, su caudal es aproximadamente del 20 al 25 % del total circulado por cada unidad. Este aire primario exterior debe ser tratado en un acondicionador central ubicado en la sala de máquinas, donde se filtra y se lo acondiciona en lo que hace a temperatura y humedad.

Para evitar el inconveniente de la gran dimensión de los conductos del sistema central, desde la unidad de tratamiento solamente el aire exterior pretratado es impulsado a alta velocidad, 1.000 a 1.500 m/min. y a alta presión, 125 a 150 mmca., lo que permite una notable reducción de las dimensiones de los conductos y se obtiene la fuerza de impulsión necesaria para inducir al aire secundario en cada gabinete.

En cada gabinete individual el aire recibe un tratamiento complementario mediante una batería que trabaja con agua fría o caliente según la época del año.

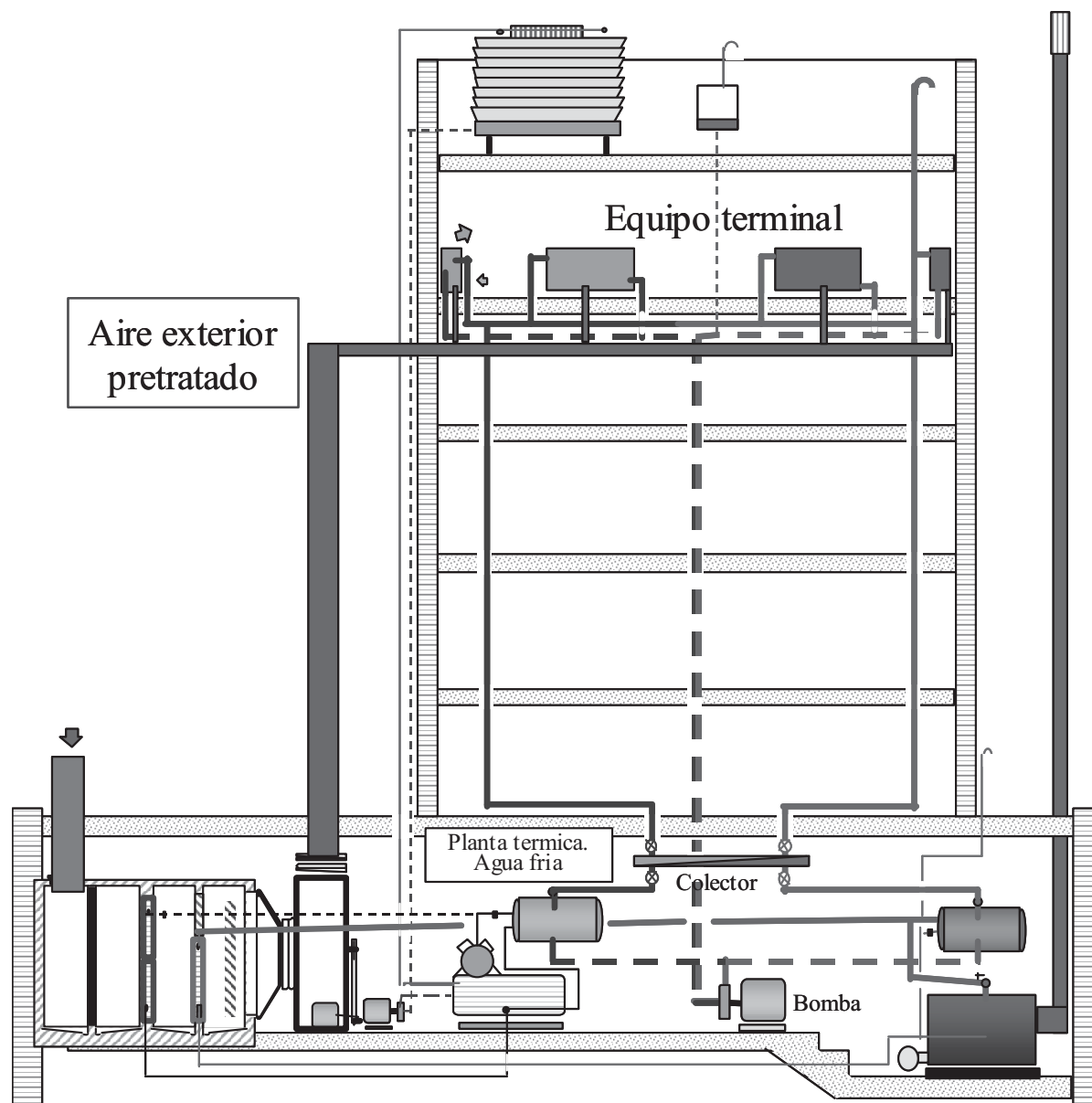


El control de cada unidad puede ser manual o automático, se basa en la regulación de los caudales de agua y aire que llegan a las distintas unidades. Su alcance no excede de 5 a 6 m., para mayores profundidades de tratamiento se los puede combinar, como en el caso anterior, con un sistema central.

Con respecto al caso anterior se simplifica su manutención por ausencia de partes móviles.

La calidad del aire exterior tanto en caudal como en tratamiento térmico es permanentemente y controlada en forma central. Exigiendo mayor espacio que el anterior para el paso del conducto para el aire en forma vertical como su distribución perimetral.

La eficiencia del filtrado se ve reducida, para mejorarla se debe aumentar la velocidad de inducción, con lo que aumenta rápidamente el nivel de ruidos generándose zumbidos molestos.



Sistema inducción de cañería simple (dos cañerías)

El sistema de cañería tanto para el sistema de inducción o el ventilador serpentina pueden clasificarse:

- Sistema de cañería simple, dos cañerías: en los que cada unidad recibe una entrada de agua fría o caliente, según la estación del año y termina en una cañería de retorno.
- Sistema de varias cañerías: en los que cada unidad tiene una doble entrada de agua, caliente y fría, y una cañería de retorno, tres cañerías, o dos cañerías de retorno, cuatro cañerías.

El sistema de varias cañerías no necesitan de control de cambio para invierno o verano. Las cantidades de agua para la carga de calefacción pueden reducirse al mínimo.

El sistema de cuatro cañerías separa el circuito de agua fría y caliente, reduciendo al mínimo los problemas hidráulicos. La disponibilidad de agua fría y caliente evita las quejas de los usuarios en las estaciones intermedias.

❑ Sistema de unidades compactas con conductos – Fan Coil Centrales

Son unidades de tratamiento de aire, fabricados en serie, especialmente diseñadas para distribuir el aire mediante conductos.

Se los suele designar a estos equipos con el nombre de fancoil con conductos o fancoil centrales.

Pueden ser de tipo mueble vertical o los de tipo horizontal.

Cabe aclarar que si esta unidad de tratamiento se utiliza “centralizada” en conjunto con la planta térmica, se los denomina de “todo aire” porque la red de cañerías de agua es muy pequeña.

La utilización de los condensadores enfriados por aire, juntamente con la aplicación de los fancoil, tanto individuales como centrales, ha llevado a la fabricación de unidades compactas enfriadoras de agua con condensación a aire incorporado, aptas para la colocación al exterior.

Con la aplicación de este elemento, que puede colocarse en algún lugar al aire libre, por ejemplo la azotea, se logra prácticamente la eliminación de la sala de máquinas y, además, permite una flexibilidad en el diseño de las instalaciones de aire acondicionado.

Nota:

Instalación de fancoil individuales con provisión de aire nuevo a través de una unidad de tratamiento central: Podría efectuarse la entrada de aire nuevo a los locales acondicionados mediante una unidad de tratamiento de aire central.

Este sistema es muy recomendable porque elimina la entrada de aire individual en cada fancoil, evitando los problemas de aberturas en las fachadas de los edificios, así como la entrada descontrolada de aire exterior por efecto de los vientos fuertes, aún cuando el ventilador se encuentre detenido.

De esa forma, se conecta la toma de aire de la unidad de tratamiento a los locales mediante un ramal de conductos que puede ser de baja velocidad, pero de dimensiones pequeñas, porque sólo conduce el caudal de aire exterior.

Pudiendo filtrar correctamente el aire, recibe además un pretratamiento térmico, permitiendo también una humidificación en la época invernal especialmente.

Una de las premisas fundamentales en los proyectos modernos es reducir al mínimo la sección de los conductos, de allí ha surgido la posibilidad de emplear conductos que transporten aire a altas velocidades.

De modo que aumentando la velocidad de transporte de aire se reduce proporcionalmente la sección de los conductos.

Sin embargo, esto trae aparejado el aumento de la fricción en ellos, lo que eleva, considerablemente la presión, estando constituidos generalmente por una red de conductos circulares de distribución del aire.

Para distribuir el aire en los ambientes es necesario disminuir sensiblemente la velocidad, empleándose para ello un elemento importante de estas instalaciones, como son las cajas mezcladoras.

A estas cajas llegan los conductos de alta velocidad, puede ser uno de aire frío y otro de aire caliente, donde éste reduce la velocidad y se mezcla en proporciones adecuadas mediante un dispositivo comandado por un control termostático de ambiente. Desde ellas, se derivan los conductos que van a los difusores de aire ambiente.

En estos sistemas, debido a la alta velocidad del aire se produce un ruido característico, molesto y fuerte que es necesario eliminar. Para ello, las cajas mezcladoras cuentan con revestimientos acústicos agregándose, además, amortiguadores de sonido en los conductos.

Debe preverse en estas instalaciones, además, la forma de retomar el aire a los equipos de tratamiento, pudiéndose adoptar conductos a baja velocidad. En general, se utilizan ventiladores independientes de los de alimentación.

Existen cajas completas con amortiguadores de sonido y difusores, donde el aire primario es introducido en la unidad a velocidades de hasta 1.200 m/min, reduciéndose en su interior y atenuándose el ruido a límites aceptables.

Al dejar el aire la cámara reductora de presión se origina el efecto venturi, aprovechándose la energía cinética para succionar el aire ambiente en la unidad, mezclarlo con el aire tratado, descargando esta mezcla mediante un difusor de aletas múltiples, tipo Anemostat.

CAPITULO XII

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL POR AGUA CALIENTE Y VAPOR A BAJA PRESIÓN

XII.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo desarrollaremos los primeros sistemas de calefacción que se utilizaron, el sistema por agua caliente, en forma natural o forzada, y el de vapor a baja presión.

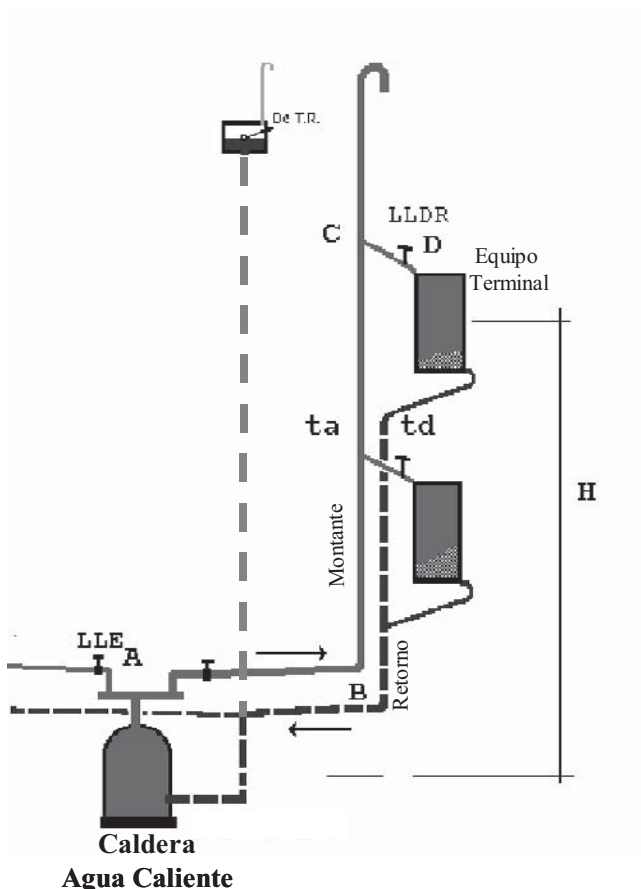
La tendencia actual es utilizar la modalidad individual de calefacción y no la central, pero cabe aclarar que con los controles existentes, edificios inteligentes, esta tendencia puede llegar a modificarse.

XII.2 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL POR AGUA CALIENTE

Desde una caldera se hace circular una cantidad constante agua caliente a través de una red de cañerías, sea en forma natural o mecánicamente, al llegar a los equipos terminales cede el calor requerido para calefaccionar los diferentes locales.

Los elementos constitutivos de la instalación son:

1. Planta térmica – desarrollada en el capítulo VIII
2. Equipos terminales
3. Red de cañerías de conducción y retorno del agua caliente
4. Vaso de expansión
5. Accesorios de los elementos anteriores

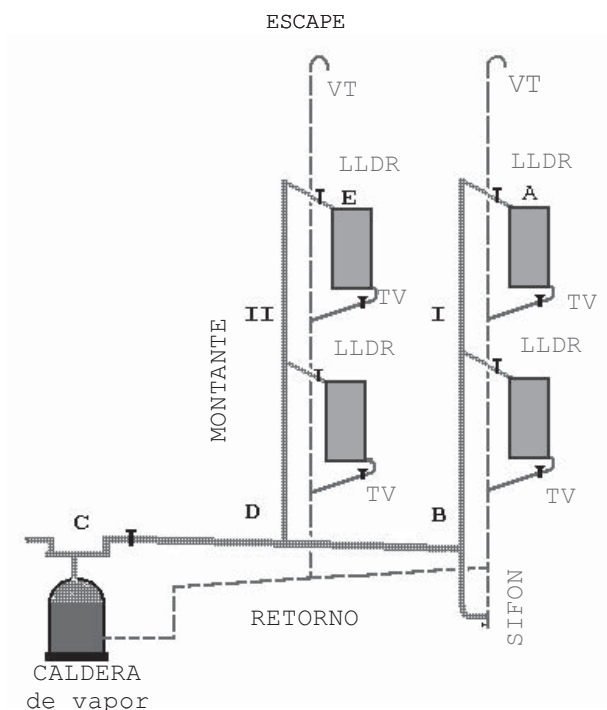


XII.3 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL POR VAPOR A BAJA PRESIÓN

Desde la caldera se hace circular una cantidad constante de vapor de agua a través de una red de cañerías, al llegar a los equipos terminales ceden el calor, calor de vaporización, se condensa el vapor, requerido para calefaccionar los diferentes locales.

Los elementos constitutivos de la instalación son:

1. Planta térmica – desarrollada en el capítulo VIII
2. Equipos terminales
3. Red de cañerías de conducción y retorno del vapor a baja presión
4. Trampas de vapor, sifones
5. Accesorios de los elementos anteriores



XII.4 EQUIPOS TERMINALES DE CALEFACCIÓN SISTEMA AGUA CALIENTE O VAPOR A BAJA PRESIÓN:

Los equipos terminales que podemos encontrar en el mercado a ubicar en el local a calefaccionar son:

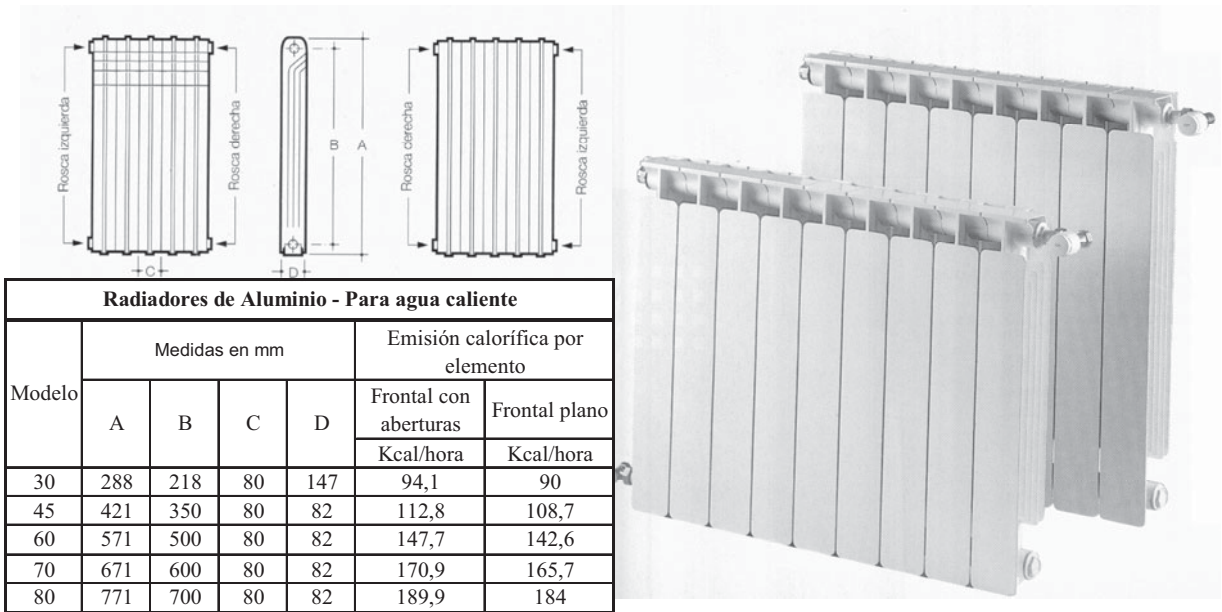
1. Radiadores,
2. Convectores,
3. Caloventiladores,
4. Radiador de Zócalo,
5. Paneles radiantes.

En la planta de tratamiento se utilizan baterías calefacción conformada por tubos con aletas siendo de convección forzada.

Los equipos terminales son el medio que permite entregar a los ambientes la cantidad de calor necesaria, que reciben del fluido calefactor, agua caliente o vapor a baja presión, a través de cañerías desde las calderas.

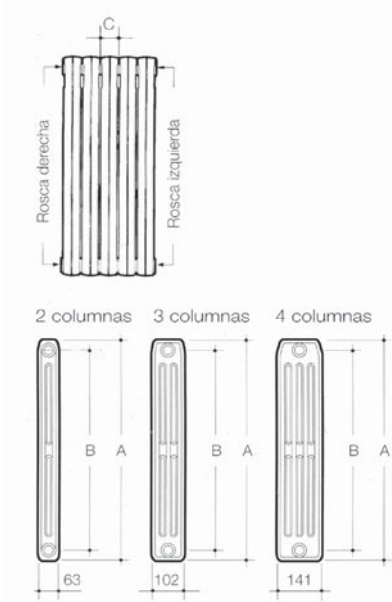
1. Radiadores

Pueden ser de tipo seccional o de tipo mural.
Básicamente el radiador seccional consiste, en un conjunto de secciones, que se van uniendo unas con otras, lo cual permite satisfacer los requerimientos de calefacción del ambiente.
Deben presentar una superficie amplia para permitir que por ella se transfieran las calorías que el ambiente requiere. En la práctica, el calor pasa a través de las paredes del radiador por conducción, convección y radiación hacia el aire que lo rodea y a su vez por convección y radiación al ambiente a calefaccionar.
El material para la construcción más utilizado hoy es el aluminio.



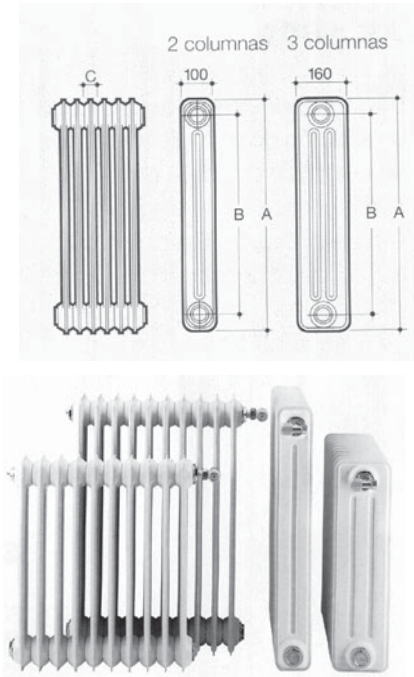
Se construyen en diversidad de modelos, variando la forma van desde 1 a 4 columnas.
Los radiadores de aluminio son más livianos, de diseños más aerodinámicos, tendientes a aumentar el rendimiento, de superficies suaves y uniformes mejorando el aspecto estético.
También existen en el mercado radiadores de hierro fundido y de chapa de acero.





| Radiadores de Hierro Fundido Para agua caliente | | | | | |
|--|---------------|-----|----|-----|---------------------------------------|
| Modelo | Medidas en mm | | | | Emisión calorífica por elemento |
| | A | B | C | D | Kcal/hora |
| 2 columnas | | | | | |
| 46 | 412 | 350 | 60 | 63 | 50,3 |
| 61 | 562 | 500 | 60 | 63 | 68,9 |
| 80 | 712 | 650 | 60 | 63 | 87,5 |
| 3 columnas | | | | | |
| 46 | 412 | 350 | 60 | 102 | 72,3 |
| 61 | 562 | 500 | 60 | 102 | 94,1 |
| 80 | 712 | 650 | 60 | 102 | 115,8 |
| 95 | 862 | 800 | 60 | 102 | 139,7 |
| 4 columnas | | | | | |
| 80 | 712 | 650 | 60 | 141 | 144 |
| 95 | 862 | 800 | 60 | 141 | 173,7 |

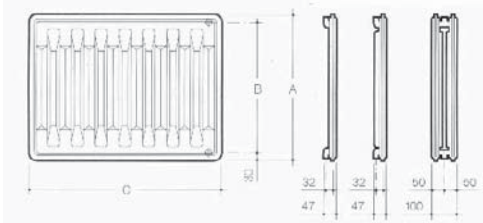
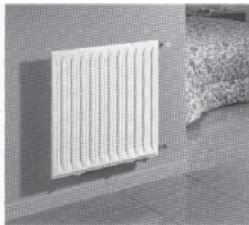
Los de chapa de acero no deben utilizarse con vapor, porque al existir una mezcla de vapor, agua y aire, se generan problemas de corrosión.



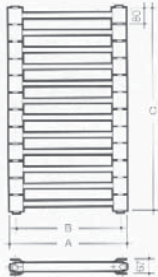
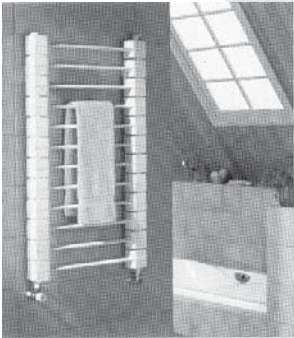
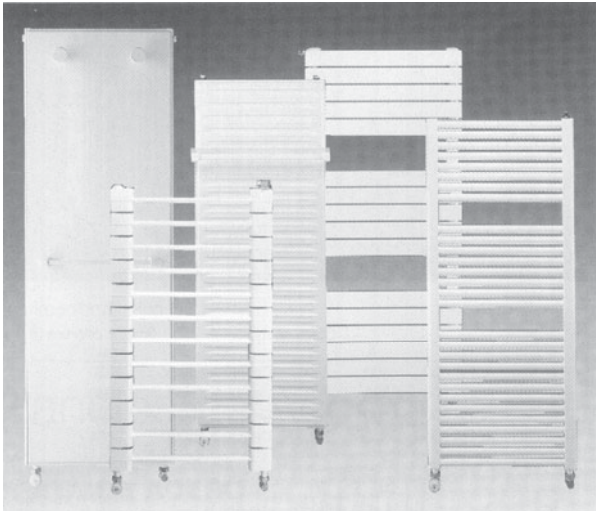
| Radiadores de Chapa de Acero Para agua caliente | | | | | |
|--|---------------|-----|----|-----|---------------------------------------|
| Modelo | Medidas en mm | | | | Emisión calorífica por elemento |
| | A | B | C | D | Kcal/hora |
| 2 columnas | | | | | |
| 45 | 450 | 350 | 50 | 100 | 50 |
| 60 | 600 | 500 | 50 | 100 | 67,7 |
| 75 | 750 | 650 | 50 | 100 | 82,8 |
| 3 columnas | | | | | |
| 32 | 317 | 217 | 50 | 160 | 53 |
| 45 | 450 | 350 | 50 | 160 | 73,3 |
| 60 | 600 | 500 | 50 | 160 | 93,4 |
| 75 | 750 | 650 | 50 | 160 | 117 |
| 90 | 900 | 800 | 50 | 160 | 135,3 |

Otro tipo de radiador que se utiliza especialmente en lugares donde no deben sobresalir de los paramentos (pasillos, baños) son los de tipo mural, que consiste en una placa de hierro fundido o de chapa de acero estampada y pueden ser de 1 ó 2 columnas, extra o semichatos.

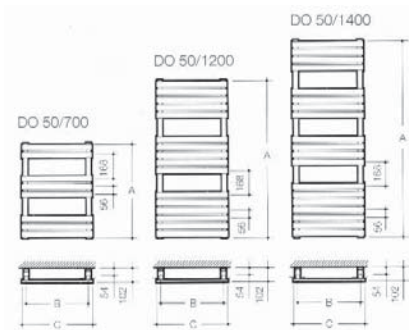
| Radiadores de Chapa de Acero - Panel de Acero - Para agua caliente | | | | | |
|--|---------------|-----|--------|----|-------------------------------------|
| Modelo | Medidas en mm | | | | Emisión calorífica por metro lineal |
| | A | B | C | D | Kcal/hora |
| P | 300 | 240 | de 300 | 47 | 377 |
| Pc | | | a | 47 | 628 |
| PccP | | | 3000 | 47 | 1220 |
| P | 500 | 440 | de 300 | 47 | 625 |
| Pc | | | a | 47 | 1004 |
| PccP | | | 3000 | 47 | 1863 |
| P | 600 | 540 | de 300 | 47 | 741 |
| Pc | | | a | 47 | 1192 |
| PccP | | | 3000 | 47 | 2202 |
| P | 800 | 740 | de 300 | 47 | 972 |
| Pc | | | a | 47 | 1532 |
| PccP | | | 3000 | 47 | 2684 |



Hoy el mercado ofrece una variedad de diseños de radiadores para ser ubicados en el baño, que combine con su estilo de decoración, brinde confort y además con el tacto siempre seco y cálido de su toalla.



| Radiadores de Aluminio para Baños - Para agua caliente | | | | | |
|--|---------------|-----|------|---------------------|--------------------|
| Modelo | Medidas en mm | | | | Emisión calorífica |
| | A | B | C | Número de elementos | Kcal/hora |
| RB 50/8 H | 545 | 500 | 640 | 8 | 471,3 |
| RB 50/12 H | 545 | 500 | 960 | 12 | 706,9 |
| RB 50/16 H | 545 | 500 | 1280 | 16 | 942,6 |



| Radiadores de Acero para Baños - Para agua caliente | | | | | |
|---|---------------|-----|-----|-----|--------------------|
| Modelo | Medidas en mm | | | | Emisión calorífica |
| | A | B | C | D | Kcal/hora |
| DO 50/700 | 627 | 442 | 500 | 102 | 339,7 |
| DO 50/1200 | 1120 | 442 | 500 | 102 | 570,2 |
| DO 50/1400 | 1400 | 442 | 500 | 102 | 668,2 |
| CL50/800 | 760 | 460 | 500 | 102 | 436,9 |
| CL50/1200 | 1190 | 460 | 500 | 102 | 613,2 |

❑ Transmisión del calor al ambiente de los radiadores:

La transmisión del calor al ambiente desde los radiadores no es constante, deben hacerse las correcciones que corresponda a cada caso.

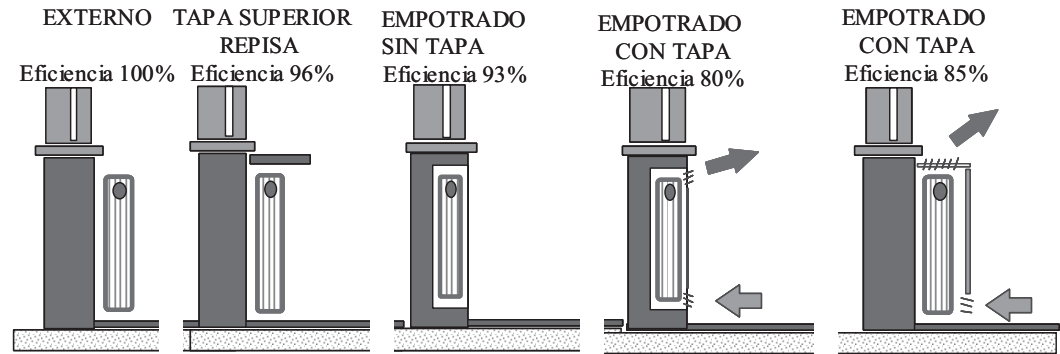
Factores que generalmente son considerados por el fabricante cuando indican el rendimiento calórico:

- a) Según sea la diferencia de temperatura del fluido interior y del aire ambiente.
- b) Disminuye a medida que se aumenta el número de elementos, hasta diez (10) unidades, luego se mantiene constante.
- c) Composición de la pintura tiene importancia sobre el rendimiento.

Factores que debe considerar el proyectista:

- a) Posición y emplazamiento relativo del radiador con respecto al ambiente.
 - I. En el emplazamiento corriente el rendimiento se considera el que indica el fabricante, es decir el 100% de eficiencia.
 - II. El radiador con tapa superior o repisa. En este caso se considera una pérdida de rendimiento de aproximadamente el 4% del emplazamiento normal, debido a que se afecta la convección natural.
 - III. El radiador empotrado sin tapa: La cantidad de calor que emite este radiador se reduce aproximadamente un 7 % del caso corriente, ya que aún más que en el caso anterior se afecta la convección natural de cesión de calor.
 - IV. El radiador con tapa o empotrado con tapa: En estos casos, las separaciones de pared y piso deberán ser las indicadas para el radiador normal. En el caso de empotrados con tapa, las rejillas deben tener el largo del radiador y su altura no debe ser menor que 2/3 de la profundidad del nicho. En el caso de empotrado con rejilla arriba, el alto de la rejilla debe ser como mínimo el ancho del nicho.

La reducción de la emisión de calor se estima del 15 al 20 % del radiador normal, atento que se agrega una disminución de la componente de radiación emitida por el radiador.

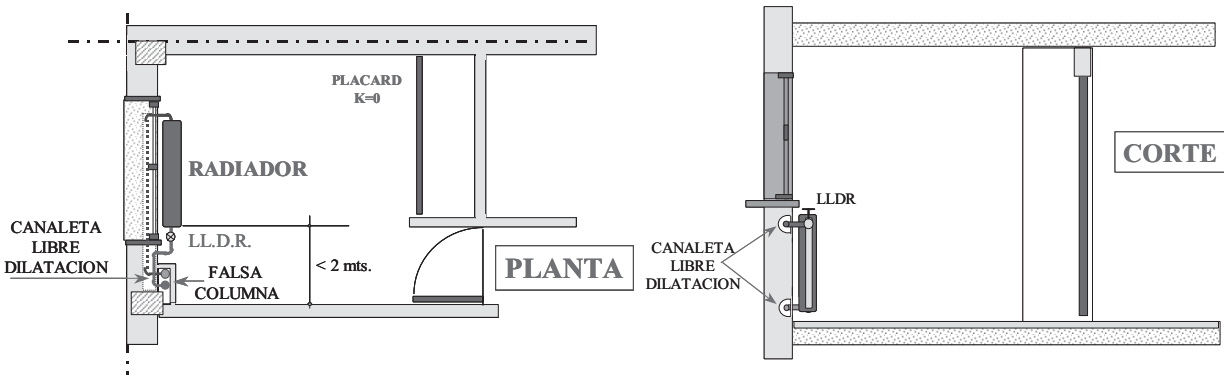


Como valores prácticos para dimensionar la superficie de transmisión necesaria en los radiadores suele adoptarse los siguientes referidos a la forma corriente de emplazamiento.

| | |
|---|---------------------------|
| Para instalaciones de agua caliente circulación natural | 450 Kcal/h m ² |
| Para instalaciones de agua caliente circulación forzada | 500 Kcal/h m ² |
| Para instalaciones de vapor a baja presión disponiendo de 0,04 kg/cm ² a la entrada del radiador | 700 Kcal/h m ² |

b) Ubicación de los radiadores en el local

Por lo general el proyectista ubica el radiador bajo las ventanas, tratando de ocupar todo el ancho de la abertura. Colocando el radiador bajo las ventanas se logra una mejor distribución de temperaturas en el local, la mejora es a consecuencia de que el aire frío que ingresa al local por las infiltraciones es calentado antes de circular a través del local, evitándose las corrientes de aire frío inferiores y se compensan además las perdidas de radiación del cuerpo humano a las superficies frías.



2. Convectores

Los convectores son equipos terminales que calefaccionan los locales, que están conformados básicamente por una batería, formada por tubos y aletas, por el que recircula el aire del ambiente en forma normal o forzada.

Pueden estar embutidos en la pared, situados en un compartimiento especial, el mercado hoy ofrece convectores que se fijan a las paredes o de libre desplazamiento.

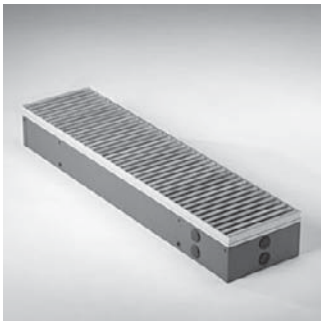
La transferencia de calor se realiza por convección, el aire frío del local ingresa por la parte inferior, circula a través de la batería calefactora aumentando su temperatura, lo que permite que ascienda e ingrese nuevamente al local a través de la rejilla superior.

La batería calefactora o convector en si esta formado generalmente por aletas y tubos de cobre, hoy las aletas se realizan también en aluminio a fin de reducir costos.

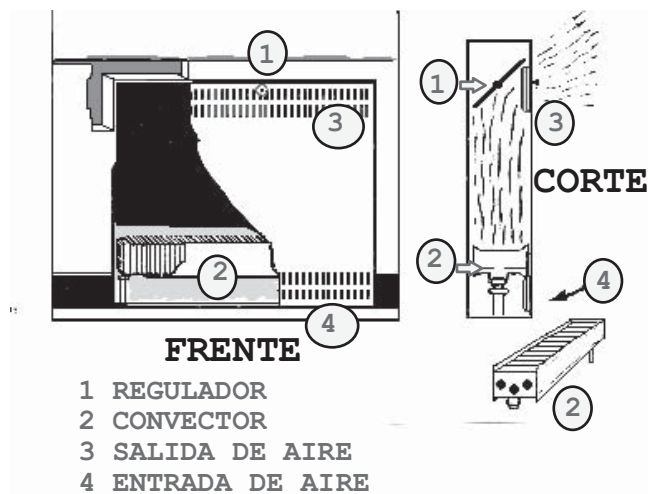
Las tapas cuentan con compuertas para regulación del caudal de aire circulado.



Convector pared



Convector suelo



Convector embutido en la pared

El rendimiento depende de la superficie de calefacción, así como de la temperatura y de las características constructivas del nicho donde se instala, como ser su altura y ancho. No obstante suelen adoptarse los siguientes rendimientos:

Agua caliente, temperatura de entrada 90 °C: 350 kcal/h m²
Vapor baja presión: 550 Kcal/h m²

CONVECTORES EMPOTRADOS
Tabla de capacidades e metros cuadrados de superficie equivalente
Profundidad nicho = 9 cm.

| | | Ancho del nicho en centímetros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 |
| Altura nicho en centímetros | 45 | 0,62 | 0,74 | 0,86 | 0,98 | 1,10 | 1,22 | 1,34 | 1,46 | 1,58 | 1,70 | 1,82 | 1,94 | 2,06 | 2,18 | 2,30 | 2,42 | 2,54 | 2,66 | 2,78 | 2,90 |
| | 50 | 0,66 | 0,79 | 0,91 | 1,04 | 1,16 | 1,29 | 1,41 | 1,54 | 1,66 | 1,79 | 1,91 | 2,04 | 2,16 | 2,29 | 2,41 | 2,54 | 2,66 | 2,79 | 2,91 | 3,04 |
| | 55 | 0,70 | 0,83 | 0,96 | 1,09 | 1,22 | 1,35 | 1,48 | 1,61 | 1,74 | 1,87 | 2,00 | 2,13 | 2,26 | 2,39 | 2,52 | 2,65 | 2,78 | 2,91 | 3,04 | 3,17 |
| | 60 | 0,72 | 0,86 | 0,99 | 1,13 | 1,26 | 1,40 | 1,53 | 1,67 | 1,80 | 1,94 | 2,07 | 2,21 | 2,34 | 2,48 | 2,61 | 2,75 | 2,88 | 3,02 | 3,15 | 3,29 |
| | 65 | 0,74 | 0,88 | 1,02 | 1,16 | 1,30 | 1,44 | 1,58 | 1,72 | 1,86 | 2,00 | 2,14 | 2,28 | 2,42 | 2,56 | 2,70 | 2,84 | 2,98 | 3,12 | 3,26 | 3,40 |
| | 70 | 0,76 | 0,91 | 1,05 | 1,20 | 1,34 | 1,49 | 1,63 | 1,78 | 1,92 | 2,07 | 2,21 | 2,36 | 2,50 | 2,65 | 2,79 | 2,94 | 3,08 | 3,23 | 3,37 | 3,52 |
| | 75 | 0,78 | 0,93 | 1,08 | 1,23 | 1,38 | 1,53 | 1,68 | 1,83 | 1,98 | 2,13 | 2,28 | 2,43 | 2,58 | 2,73 | 2,88 | 3,03 | 3,18 | 3,33 | 3,48 | 3,63 |
| | 80 | 0,80 | 0,96 | 1,11 | 1,27 | 1,42 | 1,58 | 1,73 | 1,89 | 2,04 | 2,20 | 2,35 | 2,51 | 2,66 | 2,82 | 2,97 | 3,13 | 3,28 | 3,44 | 3,59 | 3,75 |
| | 85 | 0,82 | 0,98 | 1,14 | 1,29 | 1,45 | 1,61 | 1,77 | 1,92 | 2,08 | 2,24 | 2,40 | 2,55 | 2,71 | 2,87 | 3,03 | 3,18 | 3,34 | 3,50 | 3,66 | 3,81 |
| | 90 | 0,84 | 1,00 | 1,16 | 1,32 | 1,48 | 1,64 | 1,80 | 1,96 | 2,12 | 2,28 | 2,44 | 2,60 | 2,76 | 2,92 | 3,08 | 3,24 | 3,40 | 3,56 | 3,72 | 3,88 |
| 95 | 0,86 | 1,02 | 1,19 | 1,35 | 1,51 | 1,67 | 1,84 | 2,00 | 2,16 | 2,32 | 2,49 | 2,65 | 2,81 | 2,97 | 3,14 | 3,30 | 3,46 | 3,62 | 3,78 | 3,95 | |
| 100 | 0,88 | 1,05 | 1,21 | 1,38 | 1,54 | 1,71 | 1,87 | 2,04 | 2,20 | 2,37 | 2,53 | 2,70 | 2,86 | 3,03 | 3,19 | 3,36 | 3,52 | 3,69 | 3,85 | 4,02 | |

Profundidad nicho = 14 cm.

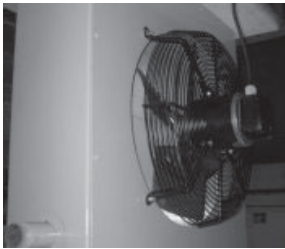
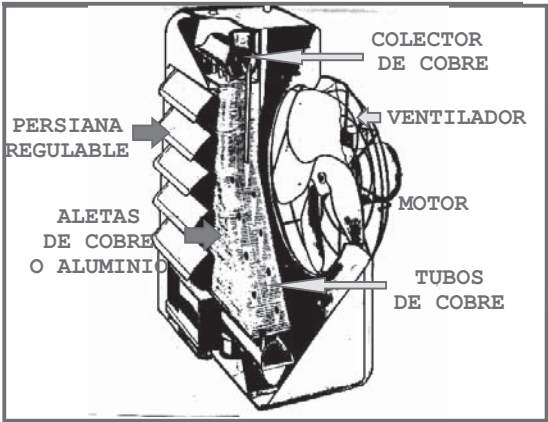
| | | Ancho del nicho en centímetros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 |
| Altura nicho en centímetros | 45 | 0,85 | 1,02 | 1,19 | 1,35 | 1,52 | 1,69 | 1,86 | 2,02 | 2,19 | 2,36 | 2,53 | 2,69 | 2,86 | 3,03 | 3,20 | 3,36 | 3,53 | 3,70 | 3,87 | 4,04 |
| | 50 | 0,93 | 1,11 | 1,30 | 1,48 | 1,66 | 1,84 | 2,03 | 2,21 | 2,39 | 2,57 | 2,76 | 2,94 | 3,12 | 3,31 | 3,49 | 3,67 | 3,85 | 4,03 | 4,22 | 4,40 |
| | 55 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1,59 | 1,79 | 1,99 | 2,19 | 2,38 | 2,58 | 2,78 | 2,98 | 3,17 | 3,37 | 3,57 | 3,77 | 3,96 | 4,16 | 4,36 | 4,56 | 4,75 |
| | 60 | 1,07 | 1,28 | 1,49 | 1,70 | 1,91 | 2,12 | 2,33 | 2,54 | 2,75 | 2,96 | 3,17 | 3,38 | 3,59 | 3,80 | 4,01 | 4,22 | 4,43 | 4,64 | 4,85 | 5,06 |
| | 65 | 1,14 | 1,36 | 1,58 | 1,80 | 2,02 | 2,24 | 2,46 | 2,68 | 2,90 | 3,12 | 3,34 | 3,56 | 3,78 | 4,00 | 4,22 | 4,44 | 4,66 | 4,88 | 5,10 | 5,32 |
| | 70 | 1,17 | 1,40 | 1,63 | 1,85 | 2,08 | 2,31 | 2,54 | 2,76 | 2,99 | 3,22 | 3,45 | 3,67 | 3,90 | 4,13 | 4,36 | 4,58 | 4,81 | 5,04 | 5,27 | 5,50 |
| | 75 | 1,20 | 1,44 | 1,68 | 1,91 | 2,14 | 2,38 | 2,61 | 2,85 | 3,08 | 3,32 | 3,55 | 3,79 | 4,02 | 4,26 | 4,49 | 4,73 | 4,96 | 5,20 | 5,43 | 5,66 |
| | 80 | 1,23 | 1,47 | 1,71 | 1,95 | 2,19 | 2,43 | 2,67 | 2,91 | 3,15 | 3,39 | 3,63 | 3,87 | 4,11 | 4,35 | 4,59 | 4,83 | 5,07 | 5,31 | 5,55 | 5,79 |
| | 85 | 1,26 | 1,51 | 1,75 | 2,00 | 2,24 | 2,49 | 2,73 | 2,98 | 3,22 | 3,47 | 3,71 | 3,96 | 4,20 | 4,45 | 4,69 | 4,94 | 5,18 | 5,43 | 5,67 | 5,91 |
| | 90 | 1,29 | 1,54 | 1,79 | 2,04 | 2,28 | 2,53 | 2,78 | 3,02 | 3,27 | 3,52 | 3,77 | 4,01 | 4,26 | 4,51 | 4,76 | 5,00 | 5,25 | 5,50 | 5,75 | 6,00 |
| 95 | 1,31 | 1,56 | 1,82 | 2,07 | 2,32 | 2,57 | 2,83 | 3,08 | 3,33 | 3,58 | 3,84 | 4,09 | 4,34 | 4,59 | 4,85 | 5,10 | 5,35 | 5,60 | 5,85 | 6,10 | |
| 100 | 1,33 | 1,59 | 1,86 | 2,10 | 2,36 | 2,62 | 2,88 | 3,13 | 3,39 | 3,65 | 3,91 | 4,16 | 4,42 | 4,68 | 4,94 | 5,19 | 5,45 | 5,70 | 5,95 | 6,20 | |

3. Caloventiladores

Se utilizan en grandes ambientes, donde se necesita elevar rápidamente la temperatura en el sector de permanencia, Iglesias, industrias, grandes locales, etc.

Son aparatos de circulación forzada constituidos por un ventilador helicoidal que impulsa el aire a través de una batería calefactora (conformada por una serpentina de tubos de cobre con aletas), por la cual circula el fluido calefactor que puede ser agua caliente o vapor. Permite direccionar la distribución del aire en el local.

El emplazamiento debe ser estudiado en función del área de barrido. Siempre debe colocarse por encima del nivel de trabajo, por ello se los ubica a más de tres metros de modo de que se ayuden las corrientes de aire de unos con otros. Se utilizan también los de tiro vertical.



Caloventiladores
Capacidades y Dimensión
Agua caliente (80 ° C) y Vapor a baja presión

| ϕ mm | Caudal m ³ /m | Agua caliente Kcal/hora | Vapor a baja presión Kcal/hora |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 250 | 16 | 5.100 | 6.500 |
| | 10 | 3.900 | 4.900 |
| 300 | 30 | 9.600 | 14.100 |
| | 18 | 7.200 | 10.700 |
| 400 | 45 | 14.000 | 20.700 |
| | 30 | 10.800 | 15.800 |
| 450 | 85 | 22.900 | 33.600 |
| | 64 | 17.300 | 25.500 |
| 520 | 108 | 31.700 | 46.500 |
| | 82 | 24.000 | 35.300 |
| 600 | 127 | 40.300 | 59.500 |
| | 98 | 30.700 | 45.100 |

4. Radiador de zócalo

Es un radiador de convección por agua caliente forzada la cual circula por el interior de tubos aleteados, instalados a la altura de los zócalos de los ambientes por calefaccionar.

Tienen la ventaja de que se integran bien dentro del local, presentan amplio margen para el decorado y las diferencias de temperatura entre el suelo y el cielorraso son pequeñas.

La cantidad de calor que deben ceder se determina calculando las pérdidas del local y con el coeficiente de emisión del calor determino la cantidad de metros necesarios de radiador de zócalo. Tiene por lo tanto el inconveniente que depende de la longitud disponible de los locales que muchas veces es escasa teniendo en cuenta la ubicación de muebles y puertas.

Tiene además el problema de que por estar casi en contacto con el piso funciona en un medio con cierta cantidad de polvo, que es arrastrado por la corriente de aire caliente.

Están contruidos en caños y aletas de cobre o hierro negro, de entrada y salida 0,019 m (3/4") y aletas de un diámetro exterior de 57 mm (2" 1/2), deben tener grifos de purga para quitar el aire de la instalación.

Con aire a 293 °K (20 °C) y agua a 363 °K (90°C) con circulación forzada rinde 300 Kcal/h m². Teniendo cada metro lineal de este radiador 2,5 m² de superficie.



XII.5 RED DE CAÑERÍAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN CENTRAL DE AGUA CALIENTE Y VAPOR A BAJA PRESIÓN

□ Red de cañerías, sistema de agua caliente y vapor a baja presión:

La red de cañerías de agua caliente ó vapor, puede ser del tipo bitubulares o monotubulares.

Instalación monotubular: Cuenta con una sola cañería a la cual los equipos terminales se conectan en serie.

Instalación bitubulares: cuenta con dos cañerías, una de alimentación y otra de retorno. Podemos clasificar a los sistemas bitubulares:

Según sea la distribución del montante en:

- a) Distribución Superior
- b) Distribución Inferior

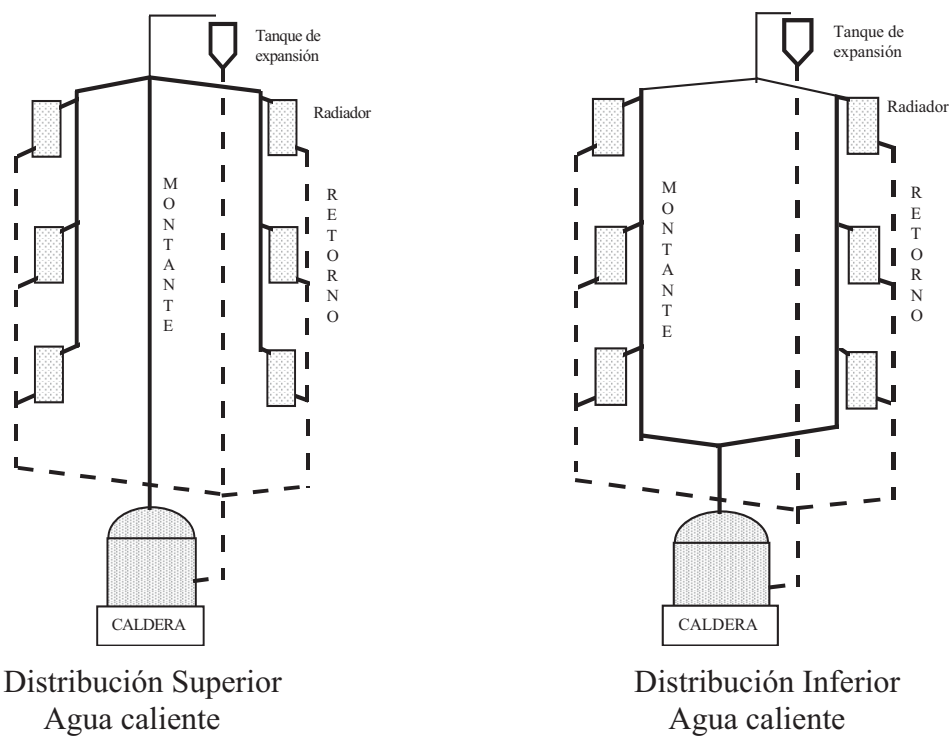
a) Circuito montante de distribución superior: La cañería de alimentación o montante se eleva directamente por encima del equipo terminal más alto de la instalación. Desde allí se derivan las alimentaciones hacia los retornos que alimentan a los equipos terminales.

Circulando el agua caliente o vapor por ellos hacia abajo. Luego, mediante una red de cañería de retorno se devuelve el agua o condensado a la caldera.

Tiene el inconveniente que se producen mayores pérdidas de calor que en la distribución inferior, dado que se realiza un recorrido mayor hasta llegar a la unidad terminal del fluido calotransportador, no obstante los recaudos que tomemos en las aislaciones de la cañería montante. Además se requiere más metros de la cañería montante de mayor rango.

No obstante en calefacción por agua caliente y vapor puede ser una solución adecuada por originar en la primera un efecto de mayor enfriamiento mejorando la circulación a través del sistema, mientras que en el sistema por vapor permite evitar en parte los ruidos originados, por el choque del vapor y el condensado, en el funcionamiento.

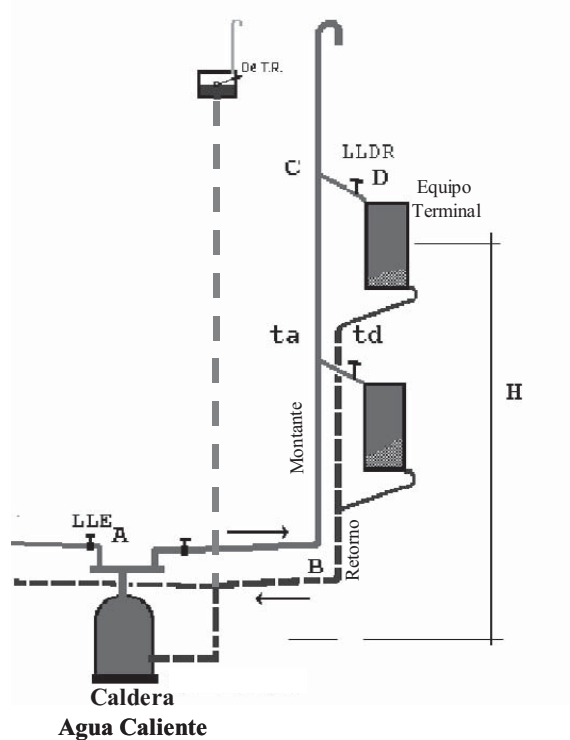
b) Circuito montante de distribución inferior: En esta disposición la distribución hacia los montantes, se encuentra por debajo de las alimentaciones de los equipos terminales. Por lo tanto el agua o el vapor recorren las montantes de abajo hacia arriba.



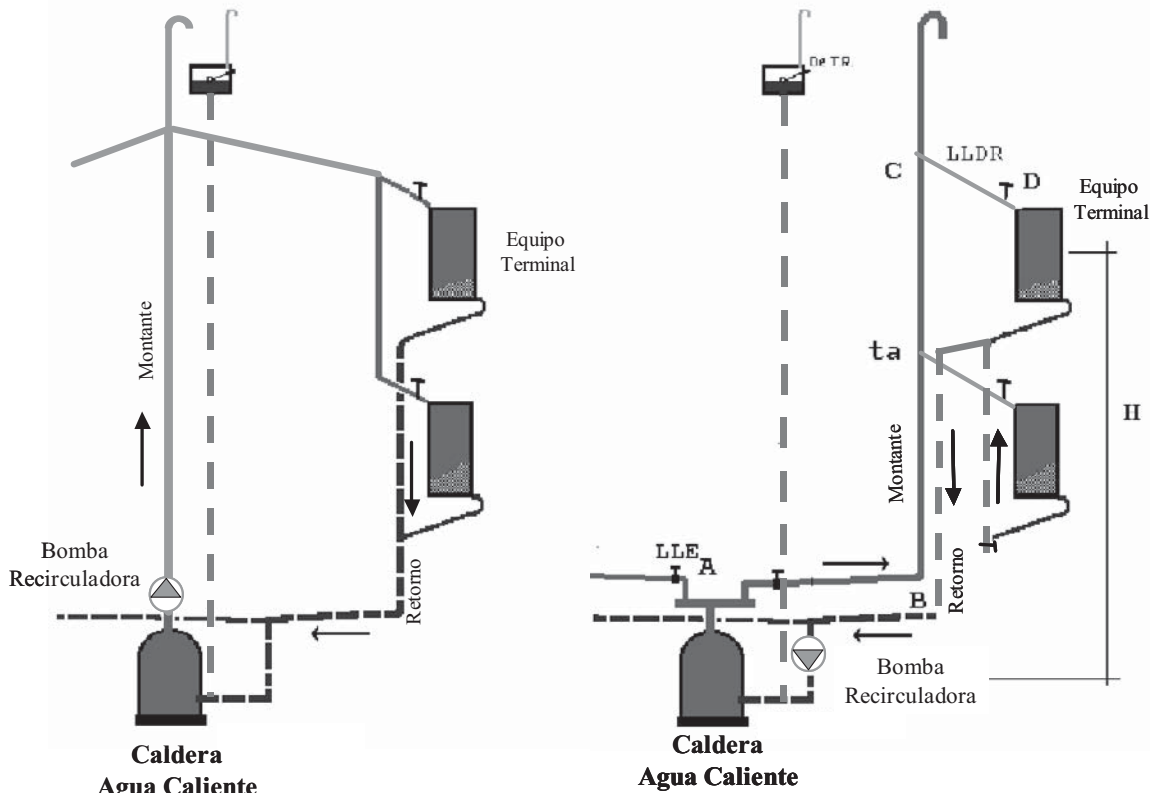
1) CALEFACCIÓN CENTRAL POR AGUA CALIENTE

Vimos que los sistemas de calefacción central pueden ser monotubular, bitubular, de distribución superior o de distribución inferior. Además los sistemas de calefacción central por agua caliente podemos realizar la distribución desde el retorno en forma directa o invertida.

Circuito de distribución de agua con retorno directo: cada retorno nace en el último equipo terminal y en su recorrido toman los demás equipos hasta llegar a la caldera.



❑ **Circuito de distribución de agua con retorno invertido o retorno compensado:** cada retorno nace en el primer equipo terminal y en su recorrido toman los demás equipos hasta llegar al último retornando libre hacia la caldera.



Circuitos de distribución de agua con retorno invertido o retorno compensado

1.2) Clasificación: La instalación de calefacción central por agua caliente se puede clasificar a su vez por:

- | | |
|----------------------------|---|
| A) La forma de circulación | A-1) Circulación Natural ó termosifón A-2) Circulación forzada |
| B) La presión de trabajo | B-1) Baja presión B-2) Media o alta presión |

A-1) Circulación natural: En las instalaciones de calefacción circulación natural el agua caliente circula por gravedad por la red de cañerías, debido a la diferencia de peso entre el agua caliente que alimenta a los equipos terminales y el agua más fría de retorno, efecto denominado termosifón.

En general se trabaja con temperaturas a la salida de la caldera entre 343 °K (70 °C) y los 363 °K (90 °C), el salto térmico de la misma oscila entre los 283 °K (10 °C) y los 293 °K (20 °C) debido a la cesión de calor al ambiente, debemos tener en cuenta las pérdidas de calor en el recorrido desde la caldera al radiador, de esa manera retorna a una temperatura más baja provocando la diferencia de peso, produciéndose la circulación del agua caliente por el sistema. Para que dicha circulación sea correcta es conveniente que los tramos horizontales no sean muy extensos.

A-2) Circulación forzada: En este tipo de instalaciones el agua caliente circula por las redes de cañerías impulsada por bombas, de tipo centrífugo, lo que permite adoptar rango diámetros menores de cañerías que en el sistema de circulación natural, se consigue puesta en marcha más rápida y se regula más fácilmente.

En los casos que proyectemos servicios individuales también se utiliza la circulación forzada, en dicho caso la caldera se coloca normalmente a igual altura que los radiadores y por ello la calefacción por gravedad no podría aplicarse.

B-1) Instalaciones de baja presión: Son las instalaciones abiertas vinculadas a la presión atmosférica a través del vaso de expansión y de los escapes de los montantes. Se suele trabajar con temperaturas entre 348 °K (75 °C) a 363 °K (90 °C).

B-2) Instalaciones de media y alta presión: Es una instalación cerrada a la atmósfera, trabajan a presiones superiores a la atmosférica, se aumenta la presión a través de un aumento de temperatura del agua, por ello se las conoce como instalaciones por agua recalentada.

En media presión se trabaja con agua a 393 °K (120 °C), con presiones hasta 3 atmósferas y alta presión a temperaturas de 423 °K (150 °C) a 433 °K (160 °C), con presiones de hasta 7 atmósferas. Las purgas de aire se realizan en tal caso a través de purgadores situados en los puntos más altos de la instalación.

Su análisis escapa al desarrollo del presente libro.

1.2) Características técnicas de la instalación por agua caliente central

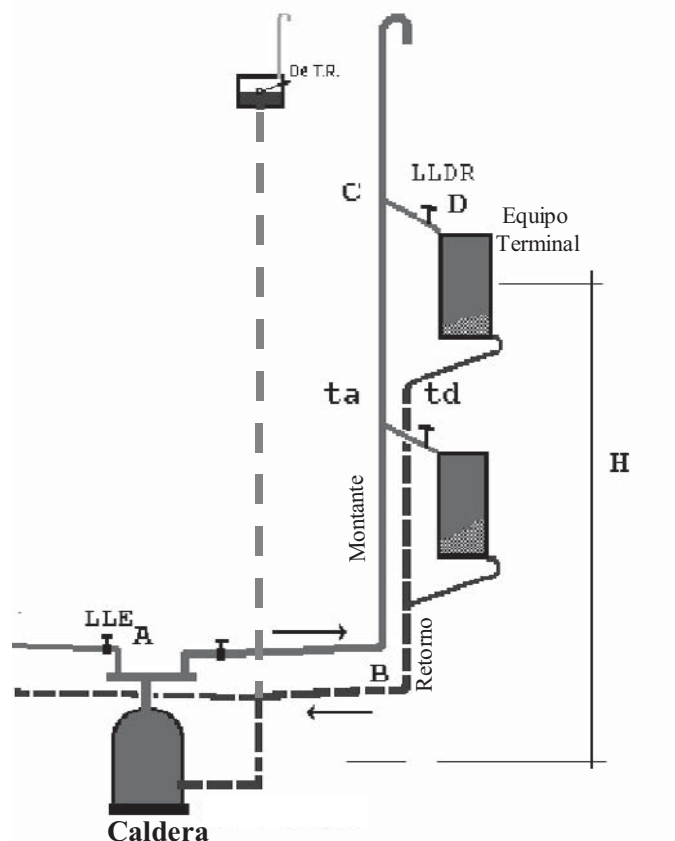
Este sistema de calefacción se basa, en el principio de que una masa de agua absorbe calor en la caldera por el calor que suministra el combustible y el agua caliente llega a los equipos terminales, los cuales difunden el calor a los ambientes calefaccionados.

□ Instalación de calefacción central por agua caliente - Circulación natural

Los principios básicos de funcionamiento de la instalación, planta térmica y equipos terminales, etc., ya han sido analizado, desarrollaremos ahora pautas a considerar para proyectar la instalación fundamentalmente la red cañerías y los elementos propios de la instalación.

1) Limitar el aumento de las resistencias del circuito hidráulico. Para ello proyectar los montantes y retornos lo más directamente posible, evitando los desvíos innecesarios.

2) Las cañerías horizontales se instalarán con pendiente. La pendiente es ascendente para los montantes que parten del colector de alimentación y con pendiente descendente para los retornos que llegan al colector de retornos. Lo mismo cabe decir para las cañerías de aireación, disponiendo las mismas de modo que faciliten el escape ascendente de las burbujas de aire.



Agua Caliente

La pendiente mínima que se usa en la práctica es de un centímetro por metro (1 cm/m).

Cuando proyectamos las redes de cañerías debemos tener en cuenta dos aspectos fundamentales:

- 2-1) Adecuada pendiente para la eliminación del aire.
- 2-2) Posibilidad de vaciado de todas las cañerías por gravitación en la parte inferior.

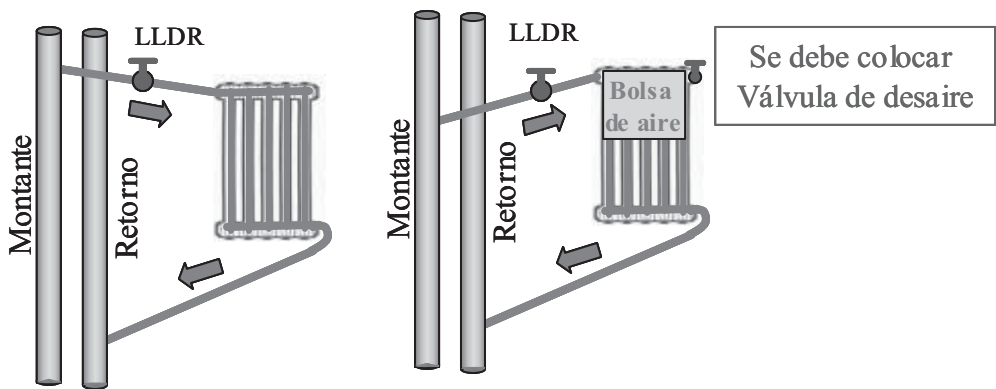
3) Los equipos terminales deben colocarse por encima de la caldera. Cuanto mayor es la diferencia de altura mejor será la circulación del agua.

Además es conveniente que la distancia desde el montante al eje del radiador no sea mayor a 1,5 m para circulación natural.

Es adecuado siempre proyectarlos radiadores más altos que ancho, de esa manera la superficie de calefacción es más pareja, existiendo menos superficies frías.

4) En la conexión de los radiadores deberá cuidarse que no se formen bolsas de aire. Donde el aire queda aprisionado, el agua no podrá circular. Por lo tanto la cañería de alimentación debe tener siempre pendiente descendente hacia el radiador, y la cañería de salida deberá tener pendiente hacia el retorno.

Si por razones de proyecto o constructivas, ejemplo P.B. más extensa en ambiente a calefaccionar, que los otros pisos, no puede colocarse una ventilación al montante, la pendiente hacia el último radiador debe ser ascendente y el mismo debe contar con un válvula de desaire, a fin de eliminar las bolsas de aire que puedan formarse.



5) Vaso de expansión: La instalación deberá estar provista de un vaso de expansión, siendo una de las funciones permitir la expansión del agua al aumentar su temperatura. A través del mismo se puede además llenar la instalación y expulsar de aire de la instalación. Lógicamente para que esto ocurra, las cañerías deberán montarse con una pendiente apropiada de 10 mm por metro.

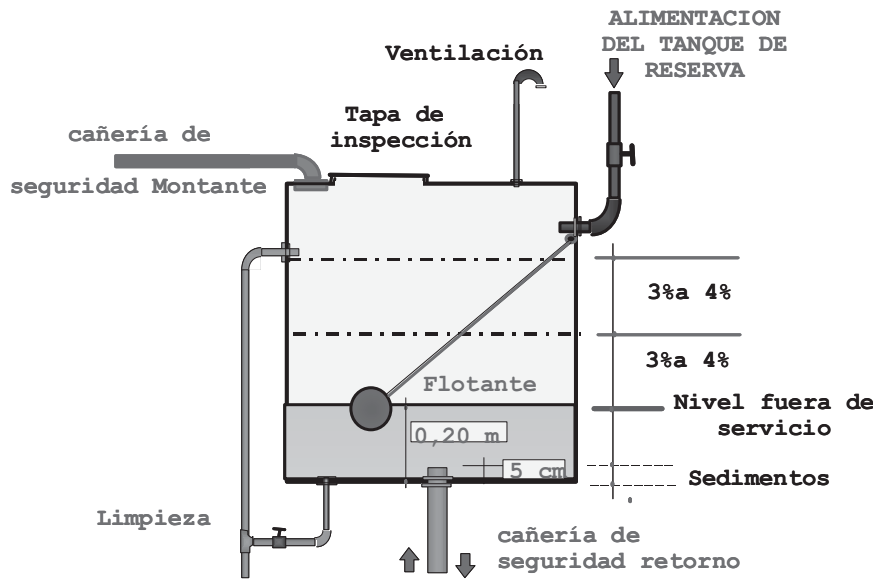
En el caso de que la distribución se realice desde abajo, los diferentes tubos de descarga del aire aplicados a las columnas de agua de calefacción, son conectados a una red horizontal de cañerías que llega al vaso de expansión. A veces, se recurre simplemente al empleo de válvulas de purga de aire manuales o automáticas que se colocan en los puntos altos de las instalaciones.

El vaso de expansión se instala en la parte más alta de la instalación y se dimensiona normalmente para que tenga una capacidad no inferior al 7 % del volumen de agua contenida en la instalación.

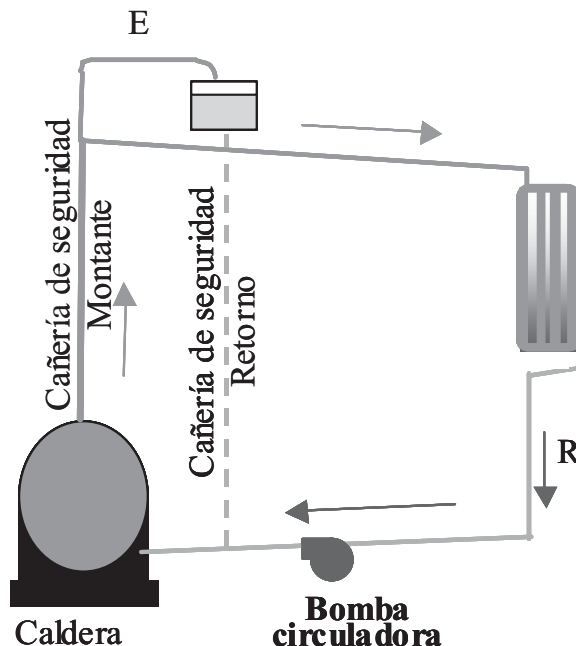
Si estos recipientes no existieran se produciría un aumento de presión dentro de la instalación, afectando sus elementos, los cuales no están diseñados para soportar altas presiones, y por ende su funcionamiento. A su vez permiten conectar la instalación a la atmósfera.

Además permite reponer el agua que pudiese evaporarse.

Se construyen en chapa de hierro galvanizado, plástico o en fibrocemento.



La norma DIN 4751 indica que la caldera debe estar conectada al vaso de expansión por una cañería de seguridad situada en la impulsión y otra en el retorno y que no posean ningún elemento que pueda cerrarlas, es decir, no deben tener válvulas interpuestas.



La cañería de seguridad se empalma por encima del nivel máximo del tanque de expansión para evitar una circulación continua de agua entre ambas cañerías de seguridad, a través del tanque de expansión.

En el proceso de llenado de la instalación el agua ingresa en el tanque de expansión a través de la cañería de seguridad de retorno, llenando la instalación de abajo hacia arriba. El agua va llenando la instalación por vasos comunicantes eliminado hacia el exterior en su avance el aire que contiene la instalación.

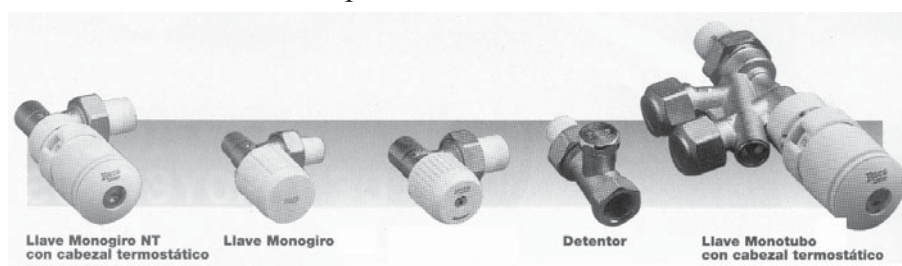
El tanque cuenta con su ventilación, válvula de limpieza y desborde.

6) Llave doble reglaje: Se utilizan para modificar la cantidad de calor que emite el equipo terminal. Se llama doble reglaje porque permite realizar dos regulaciones del caudal de agua a circular en los elementos terminales.

a) La que ejecuta el instalador, fijando la abertura máxima de la válvula. Con lo cual se fija el máximo caudal de agua que recibirá el equipo terminal.

b) El segundo reglaje es el que realiza el usuario dentro de los límites fijados. Permite que el usuario tenga o no, la calefacción que suministra el equipo terminal ya regulado por el montador.

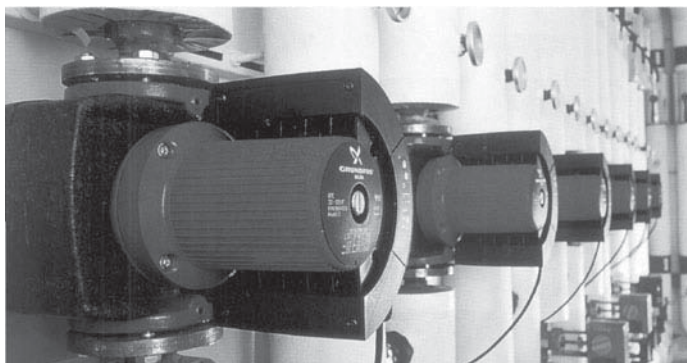
Si cuenta con cabezal termostático, sensible a la temperatura, la emisión de calor se modifica automáticamente manteniendo la temperatura deseada en el local.



7) Filtros de agua: Es un elemento que permite evitar la circulación de impurezas, (limaduras de hierro, residuos de soldadura, óxidos, etc.), por la instalación.

❑ **Instalación de calefacción central por agua caliente - Circulación forzada**

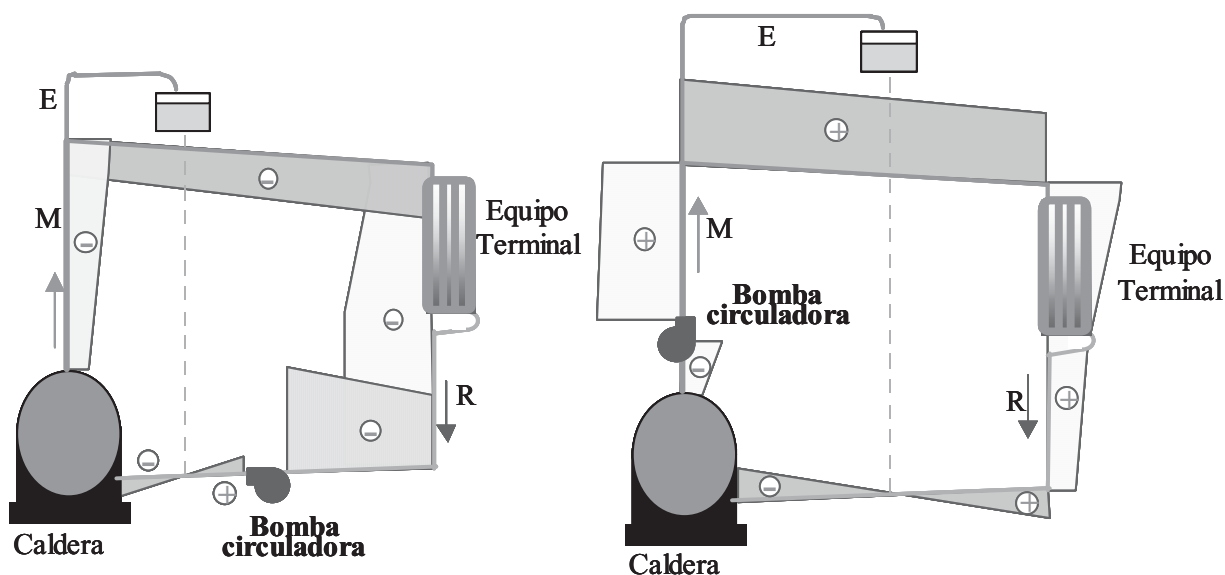
8) Bomba circuladora: La circulación forzada requiere una bomba centrífuga para vencer las resistencias que tiene el agua cuando se la hace circular por la instalación.



La bomba circuladora debe colocarse en la cañería colectora retorno o montante, es decir antes o después de circular por la caldera, de acuerdo a lo establecido en la norma DIN 4751.

Preferentemente se coloca en el circuito de retorno, a fin de evitar que los componentes de la bomba sean sometidos a las temperaturas que el agua tiene a la salida de la caldera, a la posibilidad de la formación de vapores y golpes de ariete.

Siempre debe cuidarse que no se produzcan depresiones en puntos críticos de la cañería, por ejemplo podría entrar aire por el prensaestopa de una llave doble reglaje lo cual traerá serias dificultades en la circulación del agua.

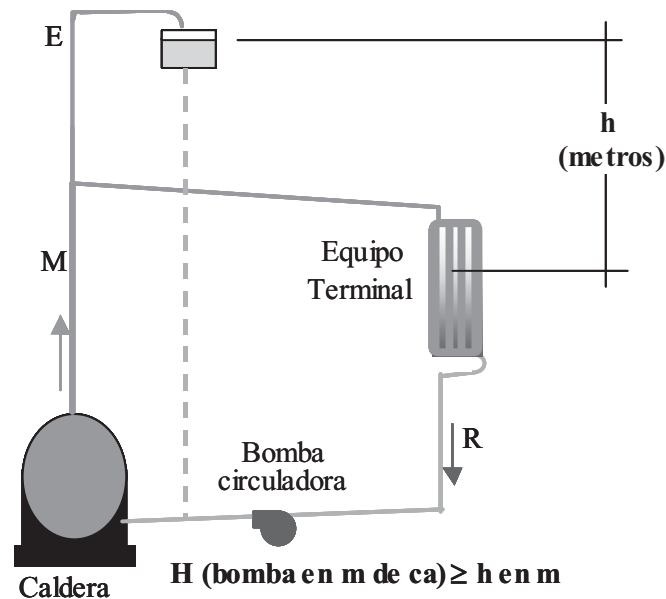


A) Distribución de presiones en un red de cañerías con vaso de expansión entre caldera y bomba

B) Distribución de presiones en un red de cañerías con la caldera situada entre la bomba y el vaso de expansión

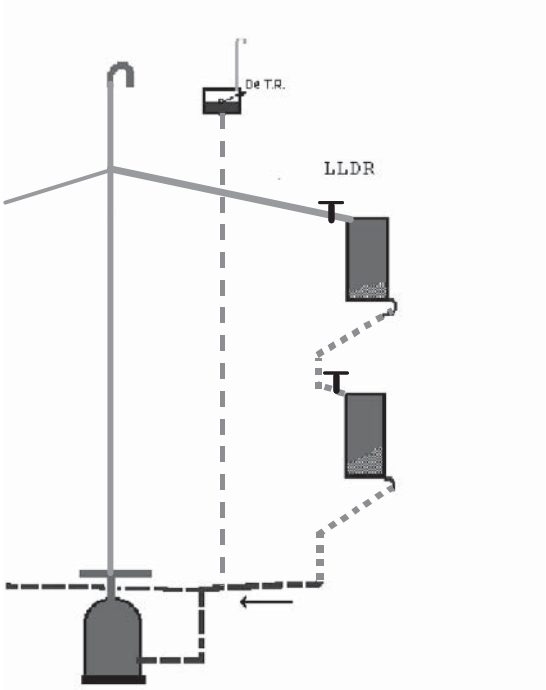
A modo de ejemplo la bomba puede estar situada en el circuito en las posiciones indicadas en las figuras A) o B). Si el montaje se realiza de acuerdo con el esquema representado en la figura A), toda la red se encontrará en depresión con respecto a la carga hidrostática. Sin

embargo, realizándolo según el criterio establecido en la figura B), la totalidad de dicha red se encontrará en sobrepresión con respecto a la carga hidrostática. Se advierte que la disposición indicada en la figura A) deberá ser adoptada únicamente cuando el vaso de expansión esté situado a una cota que no sea inferior a la del equipo terminal más elevado incrementada en la altura manométrica de la bomba. Con ello impediremos que la citada utilización se encuentre a una presión inferior a la atmosférica con la consiguiente entrada de aire en el circuito.

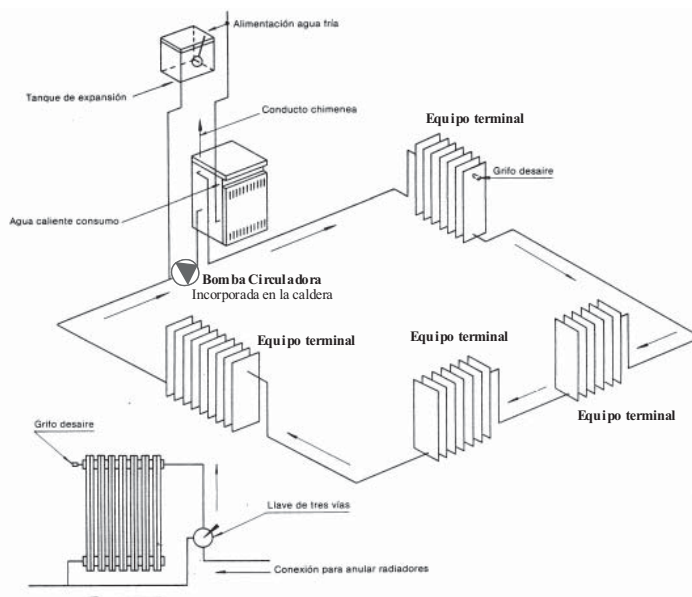


• **Instalación monotubular:**

Montante asciende hasta el punto más alto de la instalación desde donde alimenta a los equipos terminales, el sistema no cuenta con cañería independiente como en el sistema bitubular.



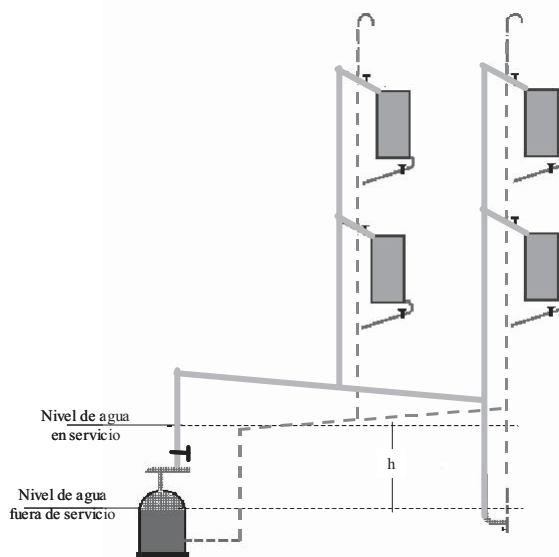
La instalación monotubular con equipos terminales en la forma que se indica en el esquema es la más utilizada por ser más económica y sencilla con respecto a su funcionamiento. Ambos esquemas están limitados en la cantidad de locales a calefaccionar.



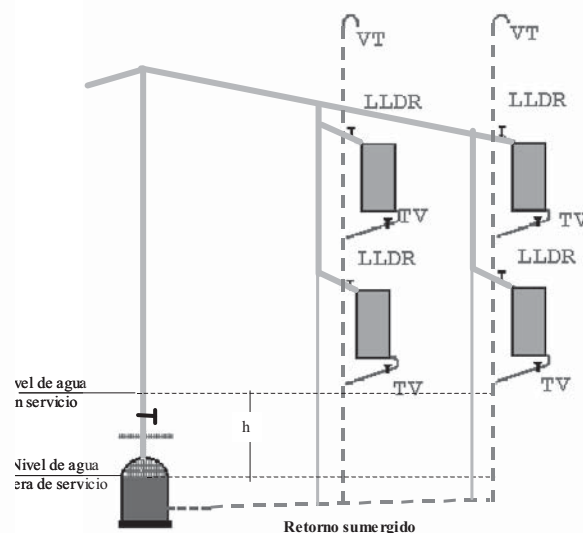
Se puede desvincular del sistema los equipos terminales a través de una llave de tres vías como muestra la figura.

2) CALEFACCIÓN POR VAPOR

Como ya vimos podemos clasificar a las instalaciones por la distribución de la cañerías montantes, distribución superior o inferior, si la cañería de condensación se desarrolla por debajo del nivel de agua fuera de servicio de la instalación, es decir que la misma este siempre inundada, el sistema se denominara de retorno húmedo o de retorno sumergido. Si las cañerías de retorno se proyectan sobre el nivel de la caldera se denomina retorno seco, que es el más utilizado por ofrecer menos dificultades en el proyecto y funcionamiento.



Circuito de distribución inferior,
vapor a baja presión, con retorno seco

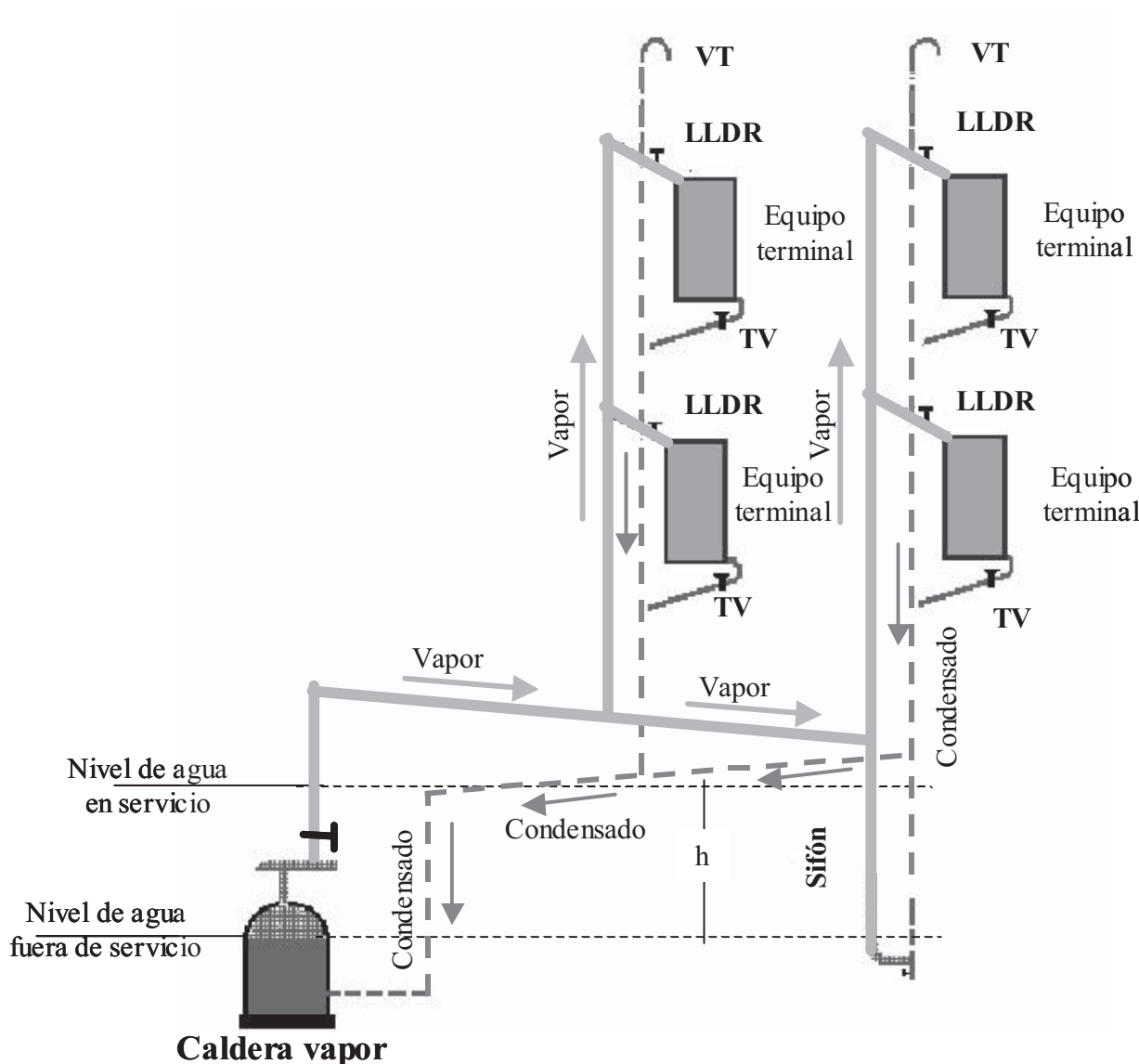


Circuito de distribución Superior,
vapor a baja presión, retorno húmedo

En los tramos horizontales de la cañería deben tener pendiente cuyo sentido de escurrimiento debe coincidir siempre con el recorrido del vapor debe para evitar ruidos molestos, por choques entre el vapor y el condensado. Por ello el drenaje de las columnas se realiza por medio de los sifones en el caso de retorno seco, y sin sifones en el caso de retorno húmedo.

El aire en la puesta en marcha de la instalación debe ser empujado por el vapor y pasar a la cañería de condensación, para eliminarse por los escapes, VT= Válvula tulipa.

2.1) Características técnicas de la instalación



Este sistema de calefacción se basa, en el principio de que una masa de agua absorbe calor para vaporizarse y lo cede cuando se condensa. Por lo tanto el agua se vaporiza en la caldera por el calor que suministra el combustible, y el vapor llega a los equipos terminales condensándose, aportando el calor de vaporización al ambiente en que se encuentra.

El funcionamiento sería el siguiente, en el estado inicial de funcionamiento, el agua llena la instalación hasta el nivel inferior al que llamaremos nivel de agua fuera de servicio, el cual será controlado por un regulador de nivel de agua.

El agua se va calentando hasta llegar a una temperatura de aproximadamente de 373 °K (100 °C), en dicho momento se comienza a desprender vapor de agua que va ocupando todas las cañerías desalojando el aire hacia arriba y ocupando poco a poco los distintos radiadores de la instalación.

En los equipos terminales el vapor de agua entrega el calor latente de vaporización, por lo tanto se produce la condensación, retornando en forma de agua a la caldera.

Se trabaja para instalaciones de vapor a baja presión con valores de presión de 1.000 mm de columna de agua, $0,1 \text{ kg/cm}^2$, que se corresponde a una temperatura de $374,7 \text{ °K}$ ($101,7 \text{ °C}$), hasta 3.000 mm de columna de agua, $0,3 \text{ kg/cm}^2$.

Podemos definir dos niveles de agua, cuando la caldera está apagada contamos con el nivel de agua más bajo en la instalación al que denominamos nivel de fuera de servicio, mientras que el nivel más elevado se corresponde con la instalación funcionando en pleno régimen, el cual denominaremos nivel de agua de servicio.

Es fundamental que cualquier artefacto a alimentar por el montante deba estar por encima del nivel del agua fuera de servicio (h) a fin de evitar que el mismo se inunde de agua por el retorno.

2.2) Instalación de calefacción central por vapor a baja presión

Los principios básicos de funcionamiento de la instalación, planta térmica y equipos terminales, etc., ya han sido analizado, desarrollaremos ahora pautas a considerar para proyectar la instalación fundamentalmente la red cañerías y los elementos propios de la instalación.

Es aconsejable:

- 1) Limitar el aumento de las resistencias del circuito hidráulica. Para ello proyectar los montantes y retornos lo más directo posible, evitando en lo posible desvíos innecesarios.
- 2) Las cañerías horizontales se instalaran con pendiente. Siempre debe buscarse eliminar el agua que se condensa al circular el vapor por las cañerías, de modo tal que el único sentido de circulación, en las cañerías horizontales, el agua de condensado sea el mismo que el del vapor. Pues si el agua circula en sentido contrario al vapor, le dificulta su avance y éste a su vez, impide el normal escurrimiento del agua, con lo cual se producirán además ruidos, los cuales resultaran intolerables en el esquema de confort buscado.

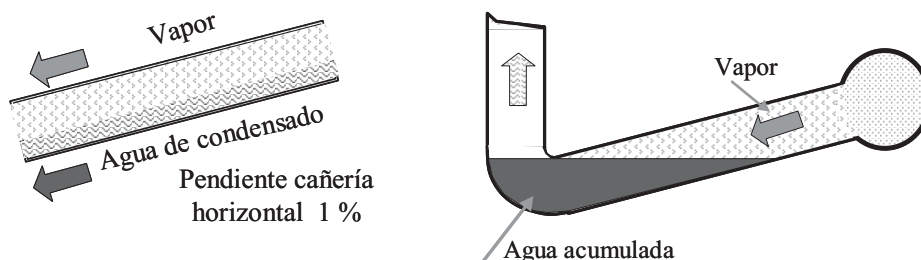
Por lo que sólo puede admitirse circulación contraria entre el agua y el vapor en los tramos verticales de alimentación y algún tramo corto.

Por lo tanto, las cañerías horizontales de alimentación que parten del colector de la caldera deberán tener pendiente descendente hacia los montantes verticales. Mientras que los retornos tendrán pendientes descendentes hacia la caldera.

La pendiente mínima que se usa en la práctica es de un centímetro por metro.

Cuando proyectamos las redes de cañerías debemos tener en cuenta dos aspectos fundamentales:

- 2-1) Adecuada pendiente para la eliminación del agua de condensado (1 cm/m).
- 2-2) Posibilidad de vaciado de todas las cañerías por gravitación en la parte inferior.



3) Sifones: Queda establecido entonces que en las cañerías de alimentación, la circulación del vapor y el agua de condensado deben coincidir. Por lo que si no eliminamos el agua, esta se

ira acumulando en el encuentro con la cañería vertical cerrando el paso a la circulación del vapor.

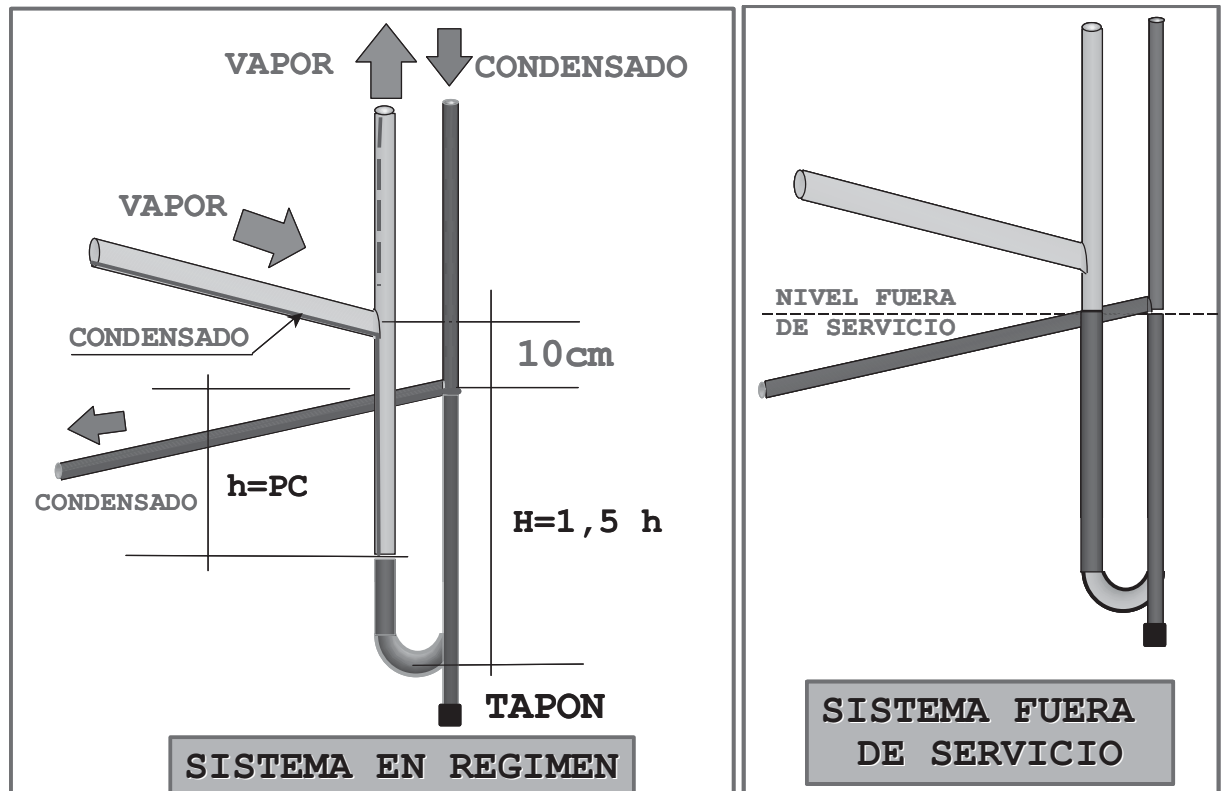
Para solucionar este inconveniente recurrimos al uso de sifones, bajo las columnas montantes. Este elemento vincula las cañerías de alimentación y retorno de condensado, permitiendo el purgado del agua condensada de las cañerías de alimentación, tanto el tramo horizontal como el vertical.

En el supuesto caso de no colocar este elemento habría que colocar trampas de vapor, ver punto 7. Los sifones tienen la ventaja de que carecen de partes móviles, a diferencia de las trampas de vapor.

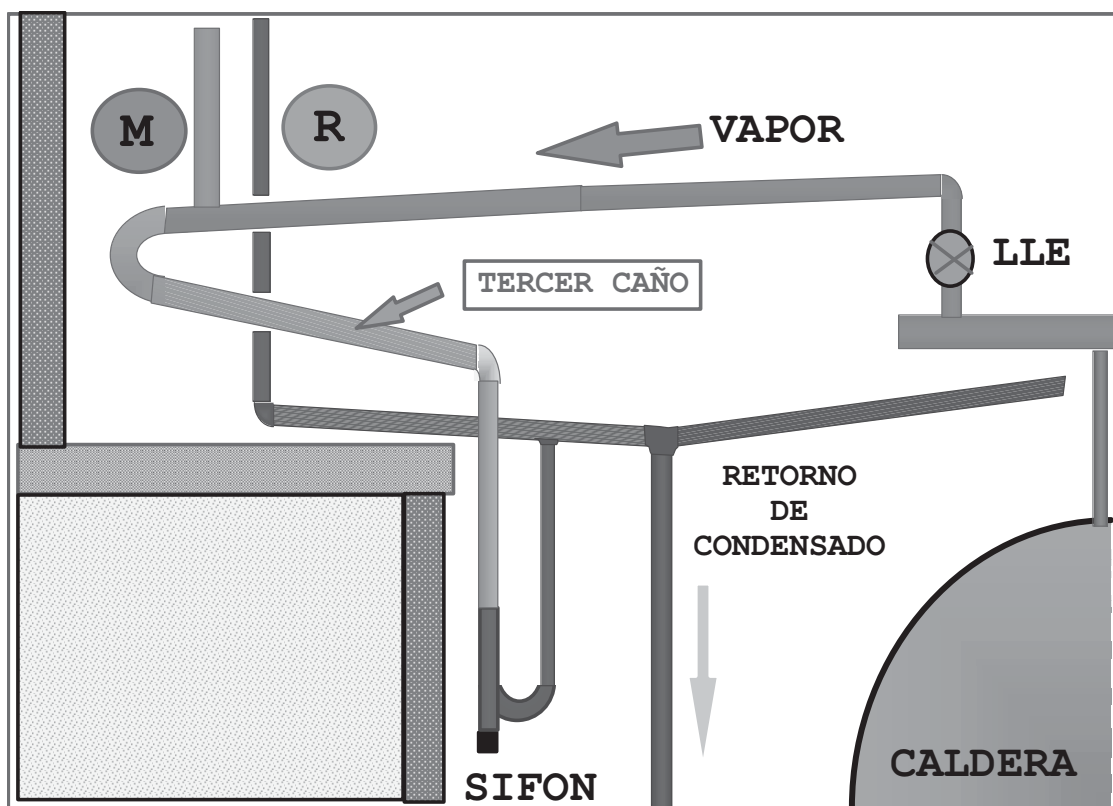
El sifón se construirá por debajo del nivel de agua fuera de servicio en aproximadamente una vez y media al doble, de la altura de presión de trabajo, para evitar que cualquier aumento de presión pueda vencer la carga del sifón, para una instalación de baja presión de 1.000 mmca la altura del sifón sería de 1,5 a 2 m.

A fin de evitar que las cañerías principales de distribución del vapor queden libres de agua, el punto de empalme de la cañería de alimentación y la de condensado, debe separarse en altura entre 10 y 15 cm.

El sifón constituye la parte más baja de la instalación y entonces debe proveérselo de un tapón de purga, a fin de que periódicamente se efectúe la limpieza de las cañerías.



Muchas veces no es posible conectar directamente el sifón bajo la columna vertical, debido a que éste cae fuera del ámbito de la planta del sótano. Se soluciona utilizando lo que se llama tercer caño, que consiste en prolongar la cañería de alimentación de vapor, desplazando la ubicación del sifón.



4) Los equipos terminales deben conectarse por encima del nivel de pleno servicio, nivel de agua de la caldera más altura de la presión de trabajo de la caldera, ya que colocado el equipo terminal por debajo de dicho nivel quedaría lleno de agua.

Además es conveniente que la distancia desde el montante al eje del radiador no sea mayor a 1,5 m.

Conviene siempre proyectar radiadores más altos que ancho, de esa manera la superficie de calefacción es más pareja, existiendo menos superficies frías.

5) La conexión a los equipo terminal deberá cuidarse respetando que el sentido de circulación del agua de condensado y vapor coincidan.

Por lo tanto la cañería de alimentación debe tener siempre pendiente descendente hacia el equipo terminal, y la cañería de salida deberá tener pendiente hacia el retorno.

Comportamiento del vapor en el radiador: Al comenzar a funcionar la instalación el radiador estará frío y lleno de aire, al ingresar vapor este ira llenando el radiador de arriba hacia abajo y el aire se irá expulsando por la parte inferior.

Para que ello sea posible, la cañería de condensado debe estar en comunicación con la atmósfera.

A medida que el vapor penetra va ocupando más superficie, hasta que llega un momento que la superficie de calefacción del radiador basta para condensar totalmente la cantidad de vapor que entra.

6) Llave doble reglaje: A medida que se sigue abriendo la llave de doble reglaje la ocupación se desplazara hacia abajo, a fin de ceder todo el calor de vaporización y condensar totalmente el vapor que entra.

La regulación de la llave debe ser tal que cuando esté completamente abierta, la línea de separación vapor-aire se encuentre en la parte inferior, dejando siempre un pequeño remanente de aire para compensar posibles fluctuaciones de presiones.

Para que no pase vapor a las cañerías es necesario que todo el vapor que entra al equipo terminal deba condensarse. La presión, por lo tanto, debe ser la necesaria y suficiente para que el vapor ocupe todo el equipo terminal y se condense.

Para regular la presión de entrada y por ende el caudal de vapor se utiliza la llave doble reglaje.

Se llama doble reglaje porque permite realizar dos regulaciones del caudal.

- a) La que ejecuta el instalador, fijando la abertura máxima de la válvula. Con lo cual se fija el máximo caudal de vapor que recibirá el equipo terminal.
- b) El segundo reglaje es el que realiza el usuario dentro de los límites que fijo el instalador. Permite que el usuario tenga o no, la calefacción que suministre el equipo terminal ya regulado por el instalador.

7) Trampas de vapor: Cuando no es posible, en los dispositivos de calentamiento, efectuar el reglaje, se hace necesario la colocación de trampas de vapor en sus salidas.

Tienen por objeto dejar circular el agua de condensación y evitar el escape del vapor. Podemos mencionar las termostáticas, termodinámicas, balde invertido, etc.

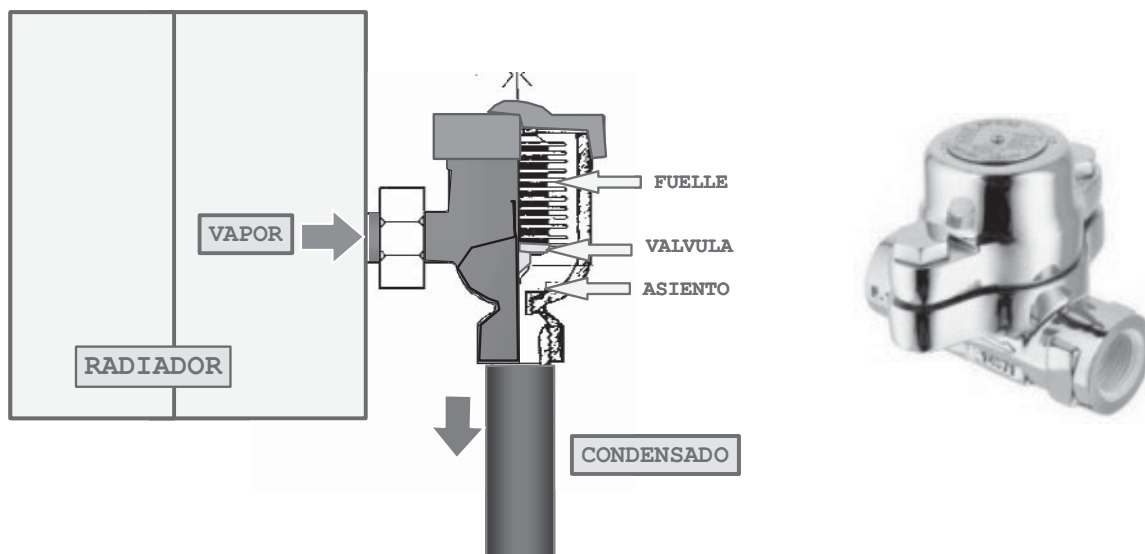
Trampas termostáticas: Son las más utilizadas, tienen el cuerpo de bronce y en su interior un fuelle dilatante.

Su funcionamiento está basado en la diferencia de temperaturas existente entre el vapor y el condensado, entre los 3°K (3°C) y los 14°K (14°C), que actúa sobre el fuelle termostático que comanda la válvula. El fuelle termostático, contiene en su interior un líquido volátil, cuyo punto de ebullición es ligeramente inferior al del agua.

En presencia de vapor se vaporiza el líquido y el fuelle se expande y produce el cierre de la válvula.

Cuando el vapor se condensa y se enfría, el fuelle se contrae abriendo la válvula y dejando salir el condensado.

Es conveniente que la cañería de conexión entre equipo terminal y trampa de vapor tenga como mínimo 0,6 m para permitir el enfriamiento de la condensación sin que este inunde el equipo terminal disminuyendo su rendimiento, no obstante es común colocarlos a la salida de los radiadores.

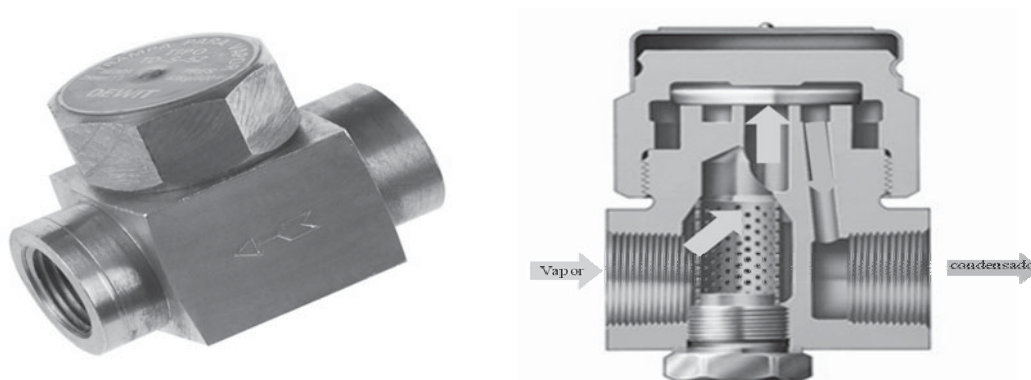


Trampas Termodinámica: son de mejor rendimiento y se aplica para mayores capacidades.

En caso de que llegue vapor a la trampa, se eleva el disco por lo que el vapor ocupa la parte superior.

La presión del vapor, más el peso del disco, producen entonces el cierre de la válvula, porque es superior a la fuerza del vapor que sigue llegando y que está aplicada sobre sólo una porción del disco en la parte inferior.

Luego, el vapor que ocupa la cámara superior se condensa y elimina disminuyendo la presión, elevándose nuevamente el disco y repitiéndose el ciclo.

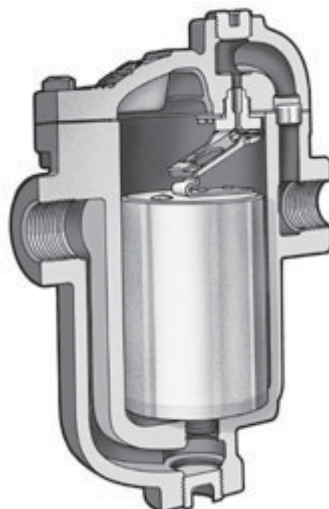


Trampa de vapor del tipo de balde vertical y balde invertido: En los de tipo vertical, cuando la condensación entra en el espacio comprendido entre el cubo y la cámara del descargador, el cubo se eleva y cierra la válvula de descarga.

Cuando la condensación sobrepasa al cubo, éste desciende, abre la válvula y se produce la descarga de la condensación. Su funcionamiento es intermitente.

El aire se elimina generalmente por medio de una válvula termostática instalada en un by-pass del purgador.

En los de tipo invertido, la presión del vapor levanta el cubo hasta que la condensación alcanza un volumen tal que hace que éste se hunda. Entonces la condensación se descarga.



La operación es intermitente y la purga del aire se realiza generalmente por medio de un elemento termostático.

Se utilizan en instalaciones de vapor de gran magnitud o para calefacción industrial.

Trampa de vapor a flotador: Estas trampas, de funcionamiento continuo, son sensibles al nivel de la condensación en la cámara en la que se encuentra el flotador, y son empleados para el drenaje de los colectores a vapor, baterías de calefacción, etc. La purga del aire puede ser manual o bien mediante un purgador termostático que hace by-pass al flotador.



La elección de la trampa de vapor más adecuado exige un atento estudio de la información suministrada por los fabricantes.

Los datos esenciales son:

- El caudal de condensación a evacuar, teniendo en cuenta que durante la puesta en régimen se verifican condensaciones adicionales.
- La diferencia de presiones existentes antes y después del purgador.
- El coeficiente de seguridad empleado que debe tener en cuenta las eventuales variaciones de presión del vapor, las sobrecargas durante la puesta en régimen y la necesidad de eliminar el aire de la instalación.

Purgadores automáticos del aire: En las instalaciones de vapor se utilizan diversos tipos de purgadores automáticos del aire.

Su función es la de permitir la expulsión del aire de la instalación en su puesta en marcha y su ingreso cuando la instalación se enfría.

Están basados en la actuación de un elemento termostático que origina la apertura de la válvula cuando está rodeada de aire, temperatura más fría, cerrándose cuando siente la llegada del vapor, temperatura elevada.

En el caso de que el retorno de la condensación por gravedad no sea posible se podrá utilizar una bomba, y se completará la instalación añadiendo un recipiente para dicha condensación provisto de interruptor de flotador, cuya finalidad es la de automatizar al máximo su funcionamiento. El depósito se dimensiona en general para contener la condensación que se forme en 90 segundos, mientras que la bomba estará dimensionada para un caudal de hasta 3 veces el caudal normal.

Las dilataciones de las cañerías de hierro negro, aproximadamente igual a 1,2 mm por metro de longitud para 373 °K (100 °C) de variación de temperatura, deben ser estudiadas muy cuidadosamente y compensarla por medio de curvas en las cañerías o bien con compensadores de dilatación donde sea necesario.

Los fenómenos de corrosión sobre todo en las cañerías de retorno de la condensación o las incrustaciones en la superficie de intercambio de la caldera pueden obligar a realizar un tratamiento del agua de alimentación de la misma y su desaireación.

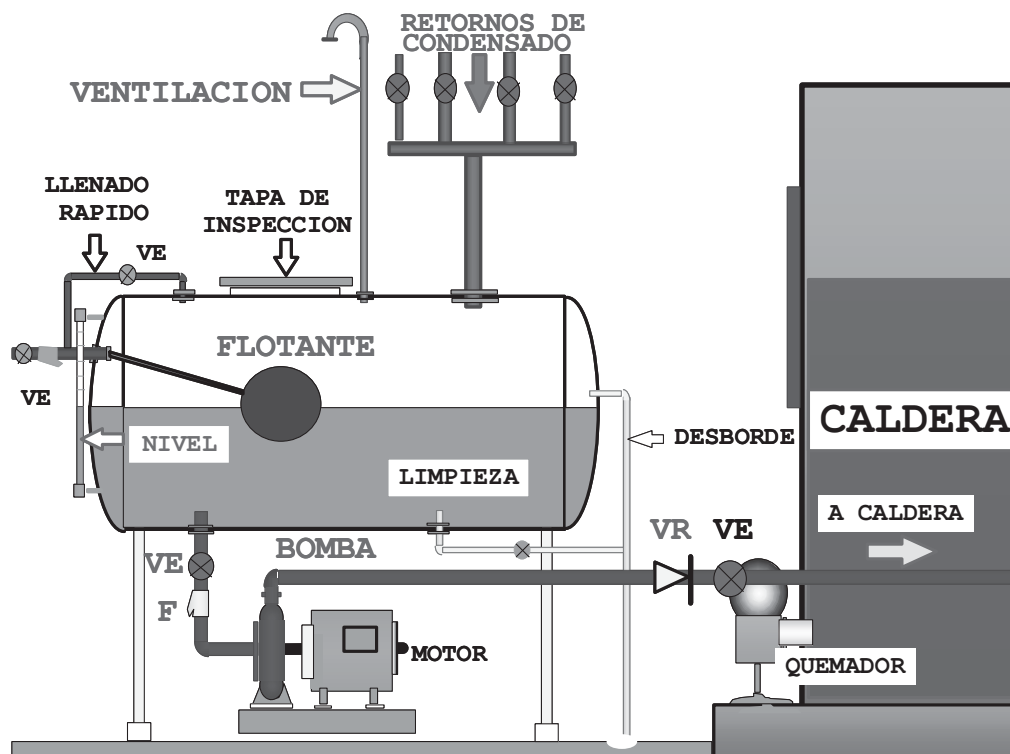
Esta operación debe ser ejecutada siguiendo las instrucciones de una firma especializada y partiendo del análisis del agua de alimentación,

El golpe de ariete puede ser normalmente evitado realizando un riguroso estudio y control de la pendiente de las cañerías, de su drenaje, de la correcta instalación de los purgadores de aire y de los tiempos de cierre de los órganos de maniobra.

Tanque de condensado: Cuando la presión de trabajo es tal que existe la imposibilidad de realizar físicamente el sifón, $H = 1,5$ veces la presión de la caldera = $1,5 h$, que permite que el condensado drene hacia la caldera, suele utilizarse trampas de vapor que drenan el agua de condensado hacia un tanque receptor, que llamaremos tanque de condensado.

El agua colectada en el tanque de condensado es enviada a la caldera mediante una bomba centrífuga.

Para que la caldera nunca se quede sin agua cuenta con un regulador de nivel, el cual pone en funcionamiento la bomba cuando el nivel llega al nivel mínimo y la detiene cuando llega al máximo. Si el nivel de la caldera desciende por debajo del nivel mínimo se corta la alimentación del quemador.



XII.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

1) Calefacción por agua caliente

□ Dimensionamiento del vaso de expansión

La capacidad del vaso de expansión se determina como un porcentaje de la cantidad de agua de la instalación.

$$\begin{array}{llll}
 \text{-Volumen de agua de la caldera} & \text{de tabla} & \longrightarrow & \\
 \text{-Volumen de agua de las cañerías} & & \longrightarrow & = \frac{0,7 \text{ ltrs} * QT}{100 \text{ cal/h}} \\
 \text{-Volumen de los radiadores} & & \longrightarrow & = (5 \text{ litros/m}^2) * SR
 \end{array}$$

Siendo SR la superficie de radiación total en m²

Obtendremos entonces a:

VT = sumatoria de todos los volúmenes de agua

El aumento del volumen por dilatación esta comprendido entre un 3 % a un 4 % del volumen total de agua. Tendremos que la capacidad neta del tanque de expansión será:

$$VT_{exp} = 2 * (3\% \text{ o } 4\%) * VT$$

□ Canalizaciones

• Sistema de agua caliente por circulación natural o por termosifón

Como dijimos anteriormente la circulación del agua en el sistema se debe a una fuerza motriz o energía que se gasta en provocar cierta velocidad del agua dentro del circuito, velocidad que multiplicada por la sección útil de la cañería determina el caudal de agua en circulación, que debe estar de acuerdo con la cantidad de calor a transportarse.

En todo circuito constituido por la circulación del agua a través de las cañerías, en radiadores y caldera, hay una cantidad de resistencias que se oponen al movimiento que deben ser vencidas por la fuerza motriz disponible.

En el caso de circulación natural, la fuerza motriz se debe al mayor peso del agua descendente con respecto a la ascendente.

El procedimiento de cálculo que utilizaremos se basa en admitir ciertos valores para los diámetros tratando de repartir uniformemente las resistencias particulares sobre toda la longitud del circuito.

Para ello se usan ciertas tablas que nos dan la pérdida por fricción por cada metro de cañería y para distintos diámetros según sea el caudal de agua por hora que debe circular por el circuito. Se admite, además, que la diferencia de temperatura entre la rama ascendente y descendente de una instalación es constante, y que las pérdidas por resistencias particulares representan un valor equivalente a las resistencias por fricción, duplicándose para el cálculo la longitud total de cañerías que constituyen el circuito a fin de considerar la totalidad de las pérdidas por resistencias.

Procedimiento de cálculo: Para el cálculo de cada circuito, debemos definir la temperatura media del tramo ascendente y la del tramo descendente, buscamos en la tabla correspondiente la fuerza motriz disponible para cada metro de desnivel entre la caldera y radiador, en milímetros de columna de agua.

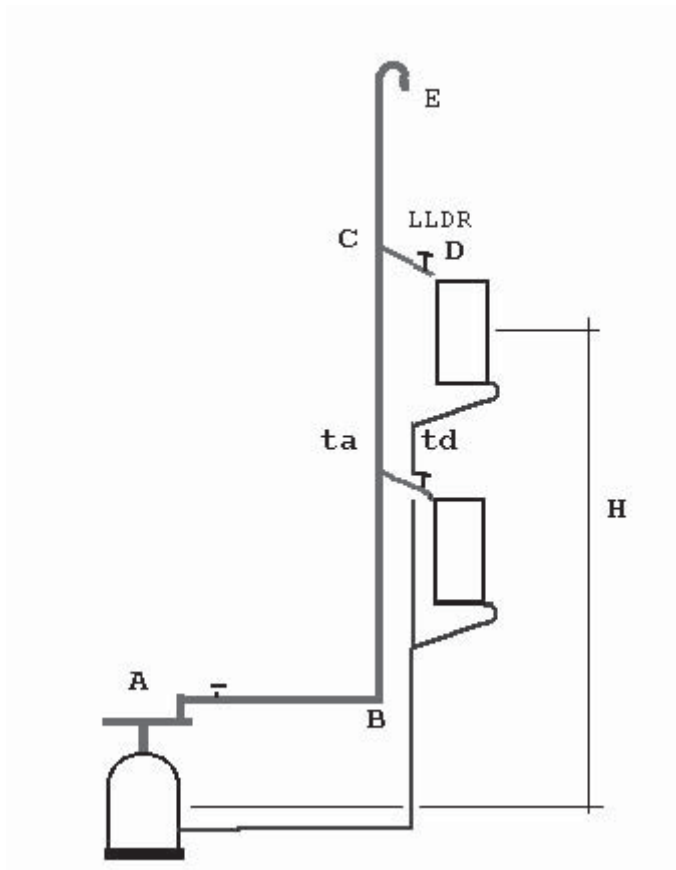
Multiplicamos ese valor por la diferencia en metros de altura entre el eje caldera y el eje del radiador más alejado, resultando la cantidad de milímetros de columna de agua de fuerza motriz que se dispone en el circuito.

Para determinar la pérdida de fuerza motriz de que dispone por cada metro de caño, basta dividir la fuerza motriz total disponible por la longitud de cálculo de la cañería, adicionada a la longitud real, la equivalente a las pérdidas por resistencias $L = 4 * \text{longitud del montante desde la caldera hasta el radiador más alejado}$.

Finalmente para calcular cada uno de los tramos se utiliza la tabla que da los diámetros de las cañerías para sistemas de calefacción de agua caliente por circulación natural, en función de la cantidad de calorías que transporta cada tramo y de la pérdida de fuerza motriz por metro de cañería, anteriormente calculada.

Diámetro de la Montante = Diámetro del retorno

DIAGRAMA DE CÁLCULO



- Con t_a y t_d de tabla Fuerza motriz disponible determino **FMD/H**
- Con H del circuito determino **FMD** total en mmca

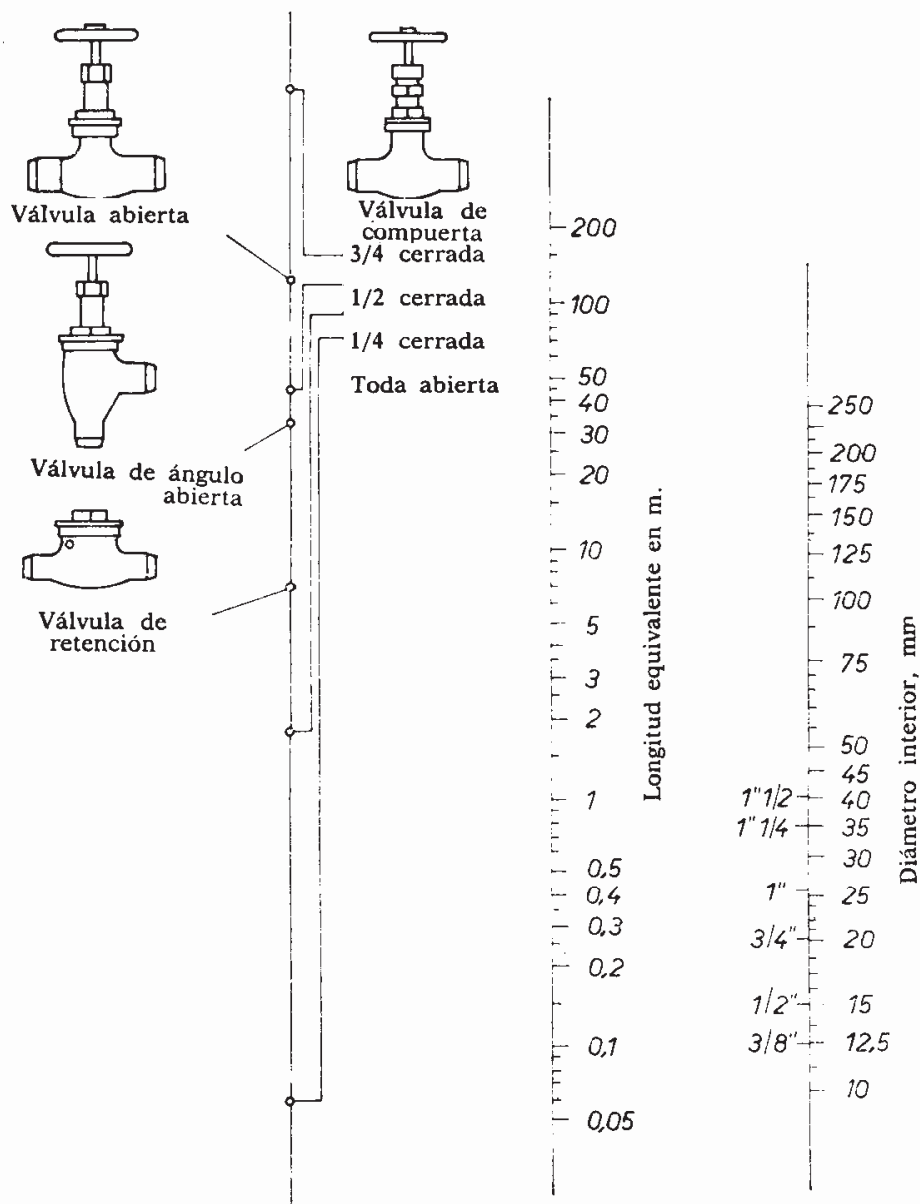
- A la **FMD** la divido por el valor $4 * L(A-D)$, obteniéndose **R**
- Con **R** (cte.) y las calorías acumuladas a transportar por cada tramo, de tabla **“Diámetros de cañerías para calefacción de agua caliente por circulación natural”**, Apéndice - Tabla N° 17, determino el diámetro de la cañería montante del tramo considerado.

| FUERZA MOTRIZ DISPONIBLE para cada metro de desnivel entre caldera y radiador a las temperaturas ta y td medias de las cañerías ascendentes y descendentes del circuito | | |
|--|-----------------|---|
| ta °C | td °C | fuerza motriz mm de columna de agua |
| 90 | 75 | 9,8 |
| 90 | 70 | 12,8 |
| 90 | 65 | 15,7 |
| 90 | 60 | 18,4 |
| 85 | 70 | 9,4 |
| 85 | 65 | 12,3 |
| 85 | 60 | 14,9 |
| 85 | 55 | 17,5 |
| 80 | 65 | 9 |
| 80 | 60 | 11,7 |
| 80 | 55 | 14,2 |
| 80 | 50 | 16,6 |
| 75 | 60 | 8,5 |
| 75 | 55 | 11,1 |
| 75 | 50 | 13,4 |

Nota: Un racor, una válvula o una pieza especial pueden, de hecho, ser consideradas equivalentes a un cierto número de metros de tubería recta que provocase la misma caída de presión que el accesorio en objeto.

Si se quiere realizar el cálculo de las pérdidas debido a las resistencias adicionales, los valores de longitudes equivalentes para los diferentes accesorios se determinarán con ayuda de las tablas siguientes:

Resistencia al paso de fluidos
presentada por las válvulas y accesorios soldados



❑ Sistema de agua caliente por circulación forzada:

Por lo general se parte de la elección de una bomba, cuya altura manométrica es conocida. Elegido el trazado, diseño o tipo de sistema, superior o inferior, y con el circuito más desfavorable, el que toma el radiador más bajo y más alejado de la caldera, se realiza el cálculo del siguiente modo:

- 1) Se obtiene de tablas la altura manométrica de la bomba, en milímetros de columna de agua, 2 a 4 m de columna de agua.
- 2) Se le resta a ese valor un 50% por resistencias localizadas.
- 3) Con el valor remanente de la presión, se determina la fuerza motriz disponible por metro, dividiéndolo por la suma de las longitudes de montante más retorno.
- 4) Con el R, fuerza motriz por metro de cañería, y la cantidad de calorías a suministrar, se determina los diámetros de la tabla correspondiente, "Diámetros de cañerías para calefacción de agua caliente por circulación forzada, Apéndice - Tabla N° 18.
- 5) La potencia de la bomba se determina de la siguiente manera:

$$N = \frac{C * h}{75 * 3.600 * n}$$

N = potencia de la bomba en HP

C = caudal de agua en l/h

h = altura manométrica de la bomba en m

n = rendimiento del grupo motor y bomba, entre 0,4 a 0,5.

$$C = \frac{QBT}{(tm-tr) * Ce * Pe}$$

QBT calorías totales del balance térmico Kcal/h

tm temperatura de la montante en °K

tr temperatura del retorno en °K

Ce calor específico del agua en Kcal/Kg*°K

Pe peso específico del agua en Kg/l

$$h = 2 * R * (lm + lr)$$

R = fuerza motriz disponible por metro de cañería en mmca/m

lm = longitud montante en m

lr = longitud retorno

Por lo que se refiere a las resistencias adicionales, los valores de las longitudes equivalentes para los diferentes accesorios se determinarán con ayuda de las tablas

Las bombas empleadas son casi exclusivamente del tipo centrífugo, acopladas directamente a motores eléctricos.

Para atenuar su rumorosidad es conveniente limitar el número de revoluciones por minuto y prever en las bancadas absorbentes afónicas, capas de corcho, soportes antivibrantes.

También pueden emplearse juntas antivibrantes en la aspiración y en la impulsión. Normalmente se prevé una bomba de reserva y en las grandes instalaciones se subdivide el caudal entre varias bombas que funcionan en paralelo.

❑ Sistema de calefacción de vapor a baja presión:

La carga o fuerza motriz en estas instalaciones es proporcionada por la presión del vapor, la que se expresa usualmente en calefacción en kg/cm^2 , o también en milímetros de columna de agua. La presión alcanza su valor máximo a la salida de la caldera y decrece a medida que se aleja.

Para que los radiadores queden llenos de vapor y trabajen normalmente se requiere a la entrada del radiador más alejado una presión del 40% de la presión generada en la caldera.

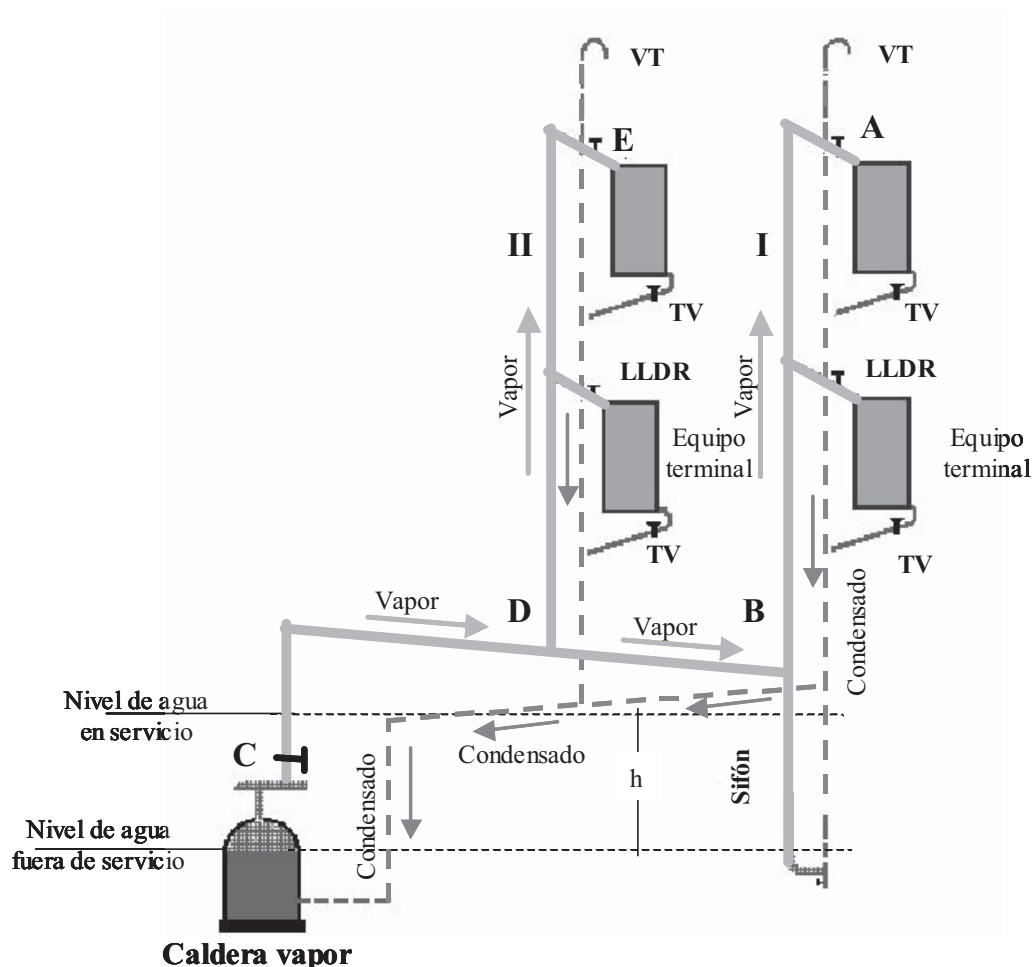
La presión de trabajo depende de la red de cañerías, adoptándose generalmente para los casos de baja presión, un valor entre 1.000 y 3.000 kg/m^2 ó 0,1 y 0,3 kg/cm^2 .

Las pérdidas de carga se deben también al frotamiento del vapor en las paredes de las cañerías y a las resistencias particulares.

Generalmente se estima que una cuarta parte de la resistencia total se debe a resistencias particulares, codos, curvas, llaves, etc., y las 3/4 parte restante a frotamientos en las cañerías, proporción ésta que puede variar para instalaciones especiales.

Los diámetros de los retornos serán, para los verticales de 0,4 a 0,5 del diámetro del de vapor y para los horizontales 0,7 del diámetro del de vapor, como mínimo de 0,013 m diámetro.

Diagrama de cálculo:



Se comienza por el radiador más alejado, determinando la caída de presión de la siguiente forma.

$$R = \frac{0,75 * (P_c - P_r)}{L}$$

R = pérdida de presión en mm de columna de agua por metro de cañería originada por frotamiento

0,75 = coeficiente que evalúa las pérdidas por frotamiento

P_c = presión de la caldera en mm de columna de agua

P_r = presión a la entrada del radiador en condiciones más desfavorable, adoptaremos un valor de 400 mm de columna de agua

L = longitud desde la caldera al radiador más alejado del circuito considerado.

Conociendo entonces R y la cantidad de calorías a transportar con el auxilio de la tabla **Diámetros de cañerías para vapor a baja presión**, apéndice, podemos determinar los diámetros correspondientes desde el radiador más alejado hasta la caldera.

Para calcular el diámetro de las derivaciones se determina la presión existente en el punto de la derivación y luego se prosigue según lo indicado anteriormente, es decir se supone ubicada la caldera en el punto de derivación, con la presión disminuida.

Cálculo de diámetros montantes en la derivación D (circuito II)

a) Cálculo de la presión en el punto D

$$P_{CD} = \text{Pérdida presión tramo C-D} = \frac{(P_c - P_r) * L_{C-D}}{L_{C-E}}$$

$$PD = PC - P_{CD}$$

b) Cálculo de los diámetros de las cañerías

$$R_{II} = \frac{0,75 * (PD - P_r)}{L_{C-E}}$$

Entrando en la tabla **Diámetros de cañerías para vapor a baja presión**, Apéndice - Tablas N° 19 y N° 20, para R_{II} y la cantidad de calorías que transportamos en cada tramo obtenemos el diámetro de cañería correspondiente.

CAPITULO XIII

CALEFACCIÓN POR PANELES RADIANTES – CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE

XIII.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo desarrollaremos los sistemas de calefacción por paneles radiantes, circulación de agua caliente forzada y calefacción por aire caliente.

Al igual que los sistemas de calefacción desarrollados en el capítulo anterior, la tendencia actual es utilizar la modalidad individual de calefacción y no la central, pero cabe aclarar que con los controles existentes, edificios inteligentes, esta tendencia puede llegar a modificarse.

Vimos que en los sistemas de calefacción por agua caliente o vapor, con radiadores, convectores, etc., es decir fuentes emisoras pequeñas, emisión puntual, el calor se transmite casi en su totalidad por convección al aire del local y este aire calentado se desplaza y llega a las personas. El calor llega a las personas en forma indirecta.

En los sistemas de calefacción por panel radiante la cantidad de calor emitido por radiación es siempre mayor que la entregada por convección.

Hoy el mercado ofrece una variedad de equipos de calefacción por aire caliente de circulación forzada. Los mismos calientan aire y lo hacen circular mediante la acción de un ventilador centrífugo a través de una red de conductos de mando y retorno que se adosa al equipo. A diferencia de los sistemas de calefacción anteriores, cumple con el requisito de renovación del aire ambiente de acuerdo con los requerimientos de ventilación, ya que se incorpora aire exterior tratado previamente.

XIII.2 CALEFACCIÓN POR PANELES RADIANTES

Cuando el equipo terminal, el encargado de entregar al local las calorías generadas en la planta térmica y que fueron conducidas por el fluido calefactor, agua caliente circulación forzada, a través de las canalizaciones, se materializa mediante una serpentina colocada en cualquiera de los cerramientos del local, paredes, piso o techo, el sistema se lo denomina “Panel radiante”.

Vimos que en los sistemas de calefacción por agua caliente o vapor, con radiadores, convectores, etc., es decir fuentes emisoras pequeñas, emisión puntual, el calor se transmite casi en su totalidad por convección al aire del local y este aire calentado se desplaza y llega a las personas. El calor llega a las personas en forma indirecta.

En los sistemas de calefacción por panel radiante la cantidad de calor emitido por radiación es siempre mayor que la entregada por convección.

Todas las formas de energía de este tipo, que son radiaciones electromagnéticas, según su longitud de onda las podemos agrupar en:

| Tipos | Longitud de onda = λ | Observaciones |
|------------------------------|---|------------------|
| Rayos cósmicos | | |
| Rayos gamma | $10^{-6} \mu > \lambda$ | |
| Rayos X | $10^{-6} \mu < \lambda < 10^{-3} \mu$ | Radiación solar |
| Rayos ultravioletas | $10^{-3} \mu < \lambda < 0,4 \mu$ | |
| Rayo visibles (luz) | $0,4 \mu < \lambda < 0,8 \mu$ | |
| Rayos infrarrojos (térmicos) | $0,8 \mu < \lambda < 1 \text{ cm}$ | |
| Ondas de radio | $1 \text{ cm} < \lambda < \text{varios metros}$ | Ondas Hertzianas |
| Ondas eléctricas | $1 \text{ cm} < \lambda < \text{varios metros}$ | |

Unidades de longitud de onda: Micrón = μ

Velocidad de propagación = 300.000 Km/seg.

El aire es bastante permeable a estas radiaciones, para transferir el calor toma menor temperatura, y son absorbidas por los cuerpos sólidos, personas, mobiliario, cerramientos, etc. El calor llega a las personas en forma directa.

□ Intercambio de Energía térmica con el medio

El cuerpo humano está en constante intercambio de calor y humedad con el medio que lo rodea. Este intercambio se realiza por conducción, convección, radiación, evaporación, transpiración, respiración, etc., y según el sentido y la proporción de este intercambio tendremos sensación de calor o de frío.



Esta sensación de calor o de frío, cuando la persona está en un ambiente depende de:

- Temperatura media de los cerramientos. R = Temperatura de radiación media.
- Temperatura del aire, T .

- c) Humedad, Grado higroscópico.
- d) Movimiento del aire, Velocidad de circulación.
- e) Actividad de la persona.
- f) Tipo de ropa, Abrigo.

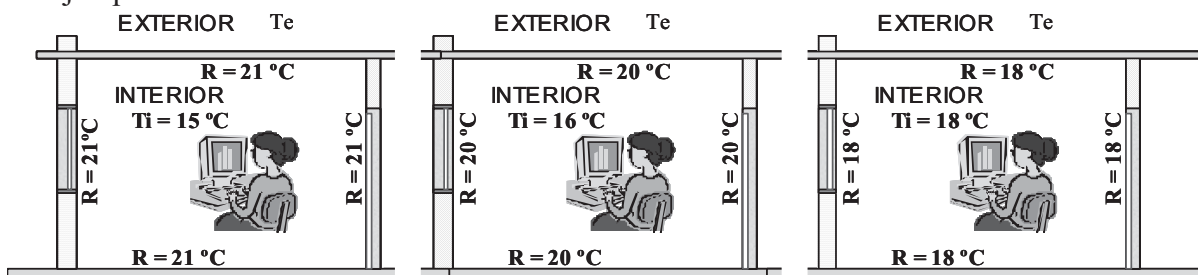
En un ambiente cerrado, no expuesto a corrientes de aire importantes, velocidad baja y constante, con temperaturas entre 289 °K (16 °C) y 293 °K (20 °C) la emisión de calor por transpiración de las personas es pequeña con respecto al total del calor emitido por el cuerpo humano, con actividades y ropas similares, la sensación de calor depende fundamentalmente de las temperaturas de los cerramientos y del aire.

$$\text{Sensación de calor} = f(R, T).$$

De numerosas encuestas realizadas a personas de distintos físicos y costumbres, se ha llegado a la conclusión de que la sensación de calor depende tanto de R como de T.

$$\text{Sensación de calor} = (R + T)/2$$

Ejemplos en los cuales se tiene la misma sensación de calor.



Como vemos en todos ellos: $T + R = \text{constante} = 309 \text{ °K} (36 \text{ °C})$

❑ Criterios de elección:

Para seleccionar el sistema más conveniente debemos evaluar diversos factores, como ser: destino del local, aspectos económicos, clima del lugar, horarios de permanencia en el local, etc.

Para mejor comprensión del tema vale profundizar las ventajas y desventajas del sistema, que ya hemos enumerado en el capítulo N° VII.

Ventajas:

1. Calefacción suave, agradable, con temperatura de régimen baja.
2. Al transmitir mucho calor por radiación, como el aire no lo absorbe, se caldea menos, permaneciendo alrededor de 289 °K (16 °C) a 291 °K (18 °C), los higienistas han demostrado que es más sano respirar aire fresco para favorecer las reacciones exotérmicas del pulmón. Además y en razón de que el cuerpo humano elimina la mayor parte de sus calorías por radiación, aproximadamente el 50 %, es lógico compensar esas pérdidas en forma similar.
3. Al no caldear el aire del local, la ventilación del mismo puede realizarse sin una pérdida considerable de calorías.

4. Transporte de gérmenes, por el mismo motivo habrá menos convección, menos partículas en suspensión en el aire y por consiguiente llegaran menos gérmenes a las vías respiratorias.
5. Por ser la fuente emisora de gran tamaño, la distribución calórica es muy uniforme.
6. Conservación de pinturas, en los radiadores, etc. Como el fluido supera casi siempre los 353 °K (80 °C) se tuesta el polvo, oscureciéndose los cerramientos próximos a los mismos, en cambio este problema no existe con paneles radiantes puesto que el fluido no llega a los 313 °K (40 °C).
7. Libertad de uso, redistribución de tabiques. Ausencia de fuentes emisoras puntuales. Al estar colocadas las serpentinas en el techo o piso, da mayor flexibilidad de uso, no solamente en la ubicación de muebles, sino también en modificación de tabiques sin tener que corregir la instalación.
8. Costo, su costo es levemente inferior al de las instalaciones convencionales.
9. La superficie de calefacción queda completamente disimulada, no así los radiadores o convectores que ocupan un espacio útil fundamentalmente cuando hay grandes ventanales.

Desventajas:

1. Cuando las serpentinas quedan incorporadas en una losa de hormigón armado su reparación es muy costosa. Hay que realizar planos conforme a obra con gran precisión para localizar fácilmente las cañerías, disminuir el tamaño de la rotura de la losa en caso de pérdidas, poder realizar una soldadura y/o cambiar una parte de la serpentina.
2. En este caso también es imposible modificar las serpentinas. Se podrá variar algo las calorías regulando válvulas y/o cambiando bombas circuladoras.
3. Inercia térmica. En un sistema de calefacción convencional por vapor se llega a estado de régimen entre 1/2 a 3/4 hora, en un sistema de paneles radiantes se tarda entre 2 y 4 horas con circulación forzada, pues tiene mucha inercia térmica.
El sistema de paneles radiantes no se aprovecha en forma adecuada en zonas con clima muy variable. Este sistema es conveniente para climas fríos y con locales ocupados en forma continua.
Es decir que para climas como Buenos Aires tendremos que tener un sistema con controles muy sensibles para que actúen a tiempo para obtener confort y bajar el costo de operación.
4. Los recorridos horizontales son muy grandes y ante la imposibilidad de lograr circulación natural, por gravedad o termosifón, se recurre a la circulación forzada por medio de bombas centrífugas colocadas en el retorno para vencer la fricción en cañerías y accesorios.

La potencia de las bombas se determina en función de las pérdidas por fricción a vencer en todo el circuito y andan en el orden de 5 a 10 mca. de presión manométrica. La velocidad de circulación será $\geq 0,30$ m/seg. Para arrastrar pequeñas bolsas de aire de vapor.

XIII.2.1 SERPENTINAS

Materiales: Las serpentinas pueden estar empotradas o no en los paneles de cierre del local. Por lo tanto las características constructivas de los edificios deben contemplar las dilataciones y tensiones que generan las serpentinas al transmitir el calor. Ello significa que los coeficientes de dilatación de los materiales empleados en la construcción deben ser del mismo orden y que fundamentalmente no se deben alcanzar temperaturas excesivas, ni variaciones bruscas de

temperatura, las cuales serían causa de dilataciones no admisibles para el panel, produciéndose fisuras en losas y paredes.

Las propiedades que deben tener los materiales de las cañerías empleadas para su aplicación en paneles radiantes deben ser las siguientes:

- Resistencia a la temperatura y que su dilatación no sea excesiva.
- No deformarse bajo presión y tener buena flexibilidad para no ser dañados en el proceso de doblado.
- Soportar la acción de elementos químicos y no formar incrustaciones.
- Baja pérdida de carga

Se emplean cañerías de hierro negro, latón, cobre, poliestireno reticulado y polietileno copolimero octeno, sin reticular.

El caño de hierro negro no tiene mayormente problemas de corrosión, internamente el agua que circula es siempre la misma, salvo pequeñas cantidades que se incorporan por evaporación, externamente debe ser protegida por ello generalmente se las incorporan a la losa de hormigón, pero existen dificultades en la ejecución y a veces, elementos accidentalmente agregados en los componentes pueden atacar a los mismos.

Serpentinas de hierro negro embutidas: Deben estar recubiertas con concreto u hormigón con un mínimo de 0,03 m de espesor. Cañerías y serpentinas de hierro negro sin embutir, mochetas y cielorrasos suspendidos, llevarán pintura anticorrosiva y resistente a la temperatura.

El empleo de caños de latón o cobre es mucho más costoso, pero han dado buenos resultados ya que son de simple instalación dado que son fácilmente curvables en forma manual para la conformación de las serpentinas. Los empalmes deben efectuarse mediante un sistema capilar de soldadura fuerte.

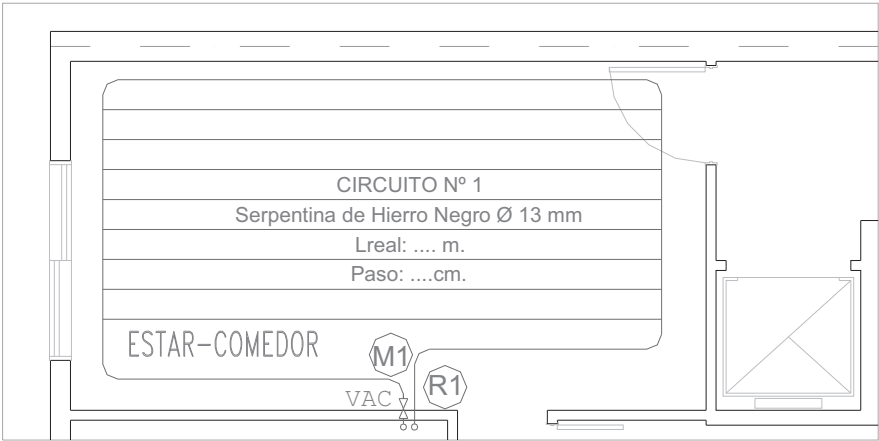
El uso de caños de polietileno copolimero octeno, sin reticular y polietileno reticulado, porque tienen las propiedades de los termoplásticos, ya que son moldeados en forma sencilla mediante la extrusión en su fabricación y luego mantienen su estabilidad de forma permanente. Son resistentes al envejecimiento y muy flexibles, lo que facilita su colocación. Hoy son los más utilizados, principalmente en calefacción individual.

El empleo de cañerías fabricadas en rollos de gran longitud, que pueden ser de cobre, latón, poliestireno reticulado o polietileno copolimero octeno, sin reticular, permite ejecutar las serpentinas sin empalme alguno dentro del panel que la aloja, reduciendo de esa manera las posibilidades de pérdidas de agua.

Los diámetros nominales interiores usuales son de 1/2" o 3/4", en separaciones de caños que varían desde 10 a 30 cm.

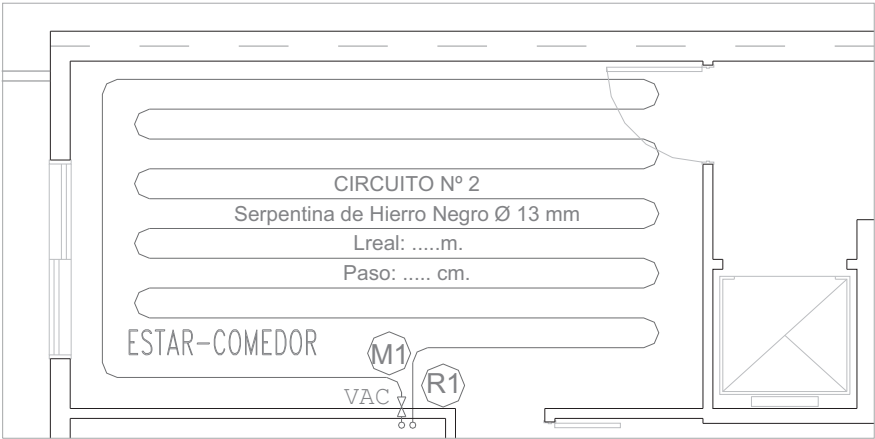
• Formas de las serpentinas:

1. **Serpentina Simple tipo parrilla:** Es una conexión en paralelo, difícil de regular la entrada de calor. Se usa muy poco.

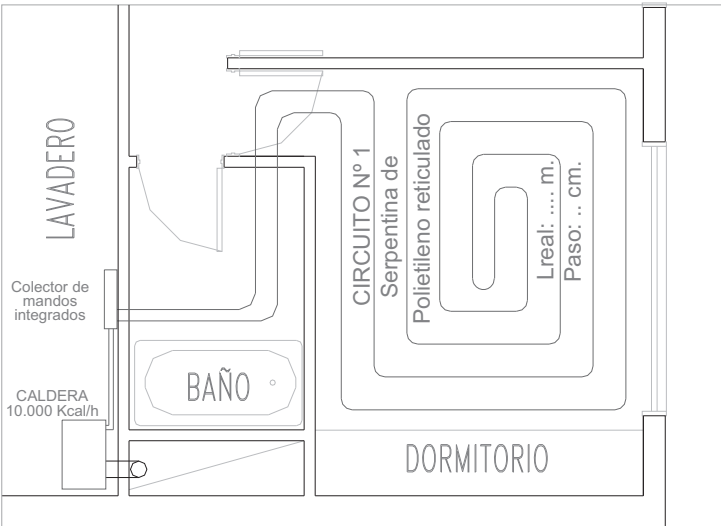


Serpentina Simple tipo parrilla

2. Serpentina simple tipo Continua y tipo Espiral



Serpentina simple continua



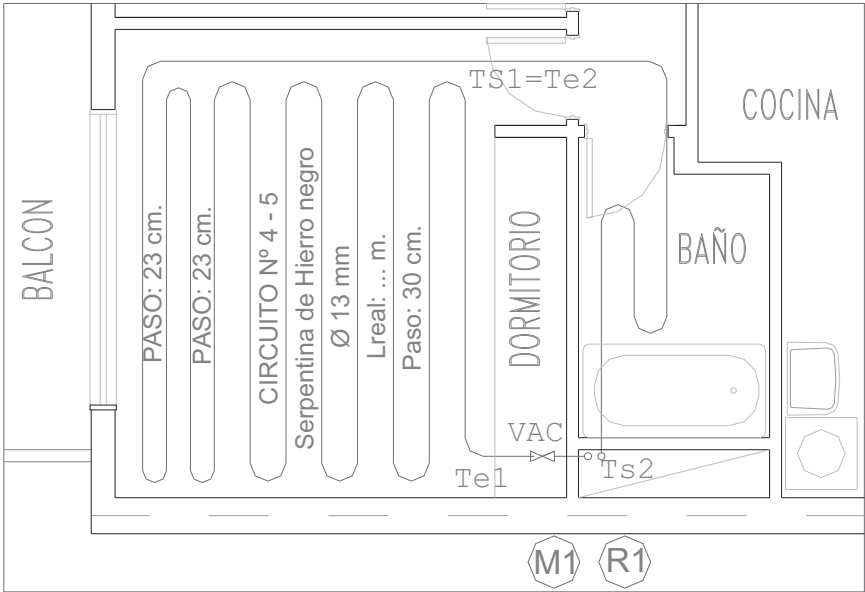
Serpentina simple en espiral

3. **Serpentina Múltiple – en Serie - en Paralelo – Mixta:** Un mismo montante y retorno puede alimentar dos o más serpentinas, en serie, en paralelo o en forma mixta.

Serpentina en serie: Del montante llega con temperatura entrada N° 1 = TE1 a la serpentina N° 1 de la cual sale a temperatura salida N° 1 = TS1, que es la temperatura de entrada a la serpentina N° 2 y así sucesivamente, la temperatura va disminuyendo desde que se deriva del montante hasta que termina su recorrido en el retorno.

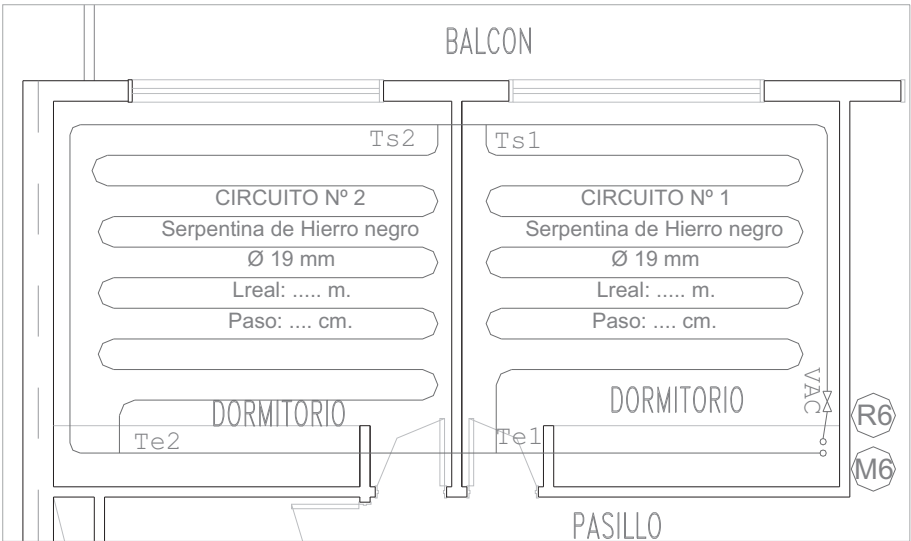
El gasto se mantiene constante y es común a todas las serpentinas.

Gasto total = $G_1 = G_2$

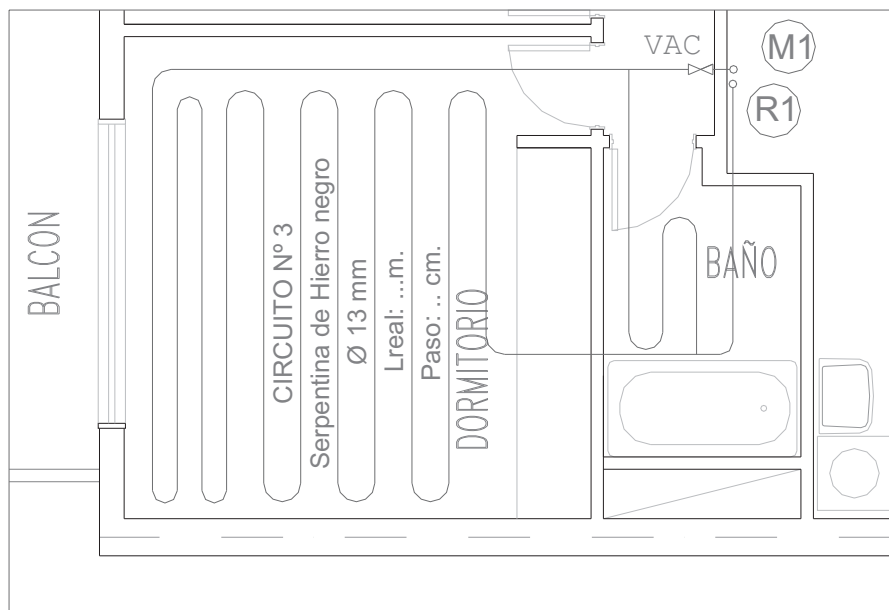


Serpentina en paralelo: En este caso las temperaturas de entrada a las dos serpentinas tienen poca diferencia $TE1 \cong TE2$. Las temperaturas de salida son parecidas $TS1 \cong TS2$. El gasto total de agua se repartirá en las dos serpentinas.

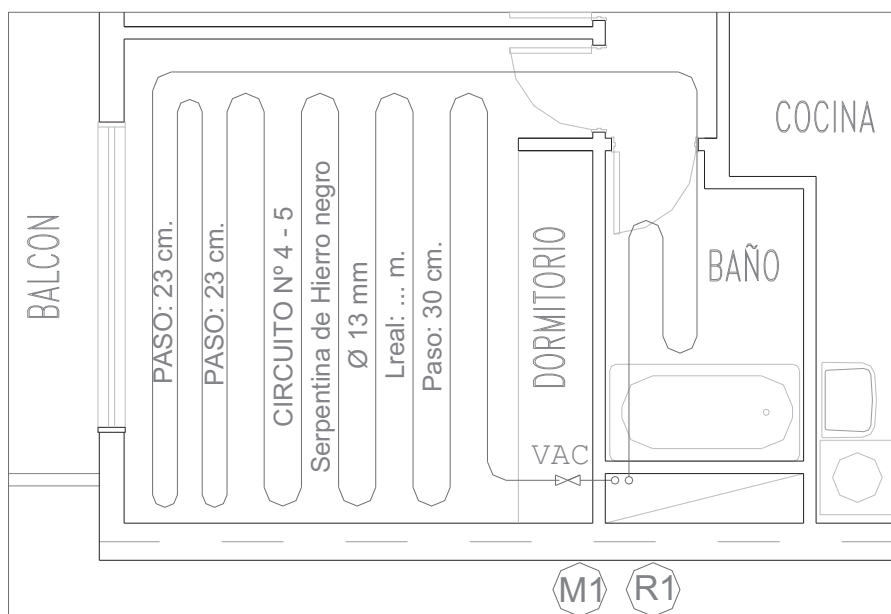
Gasto total = $G_1 + G_2$ siendo $G_1 \neq G_2$



Serpentina mixta: Combina las dos anteriores.



Nota: Además podemos proyectar **Serpentinas con distintas separaciones**, colocando las cañerías más próximas en la cercanía en los sectores de mayor pérdida de calor hacia el exterior del local, ventanas, paredes medianeras sin construir.



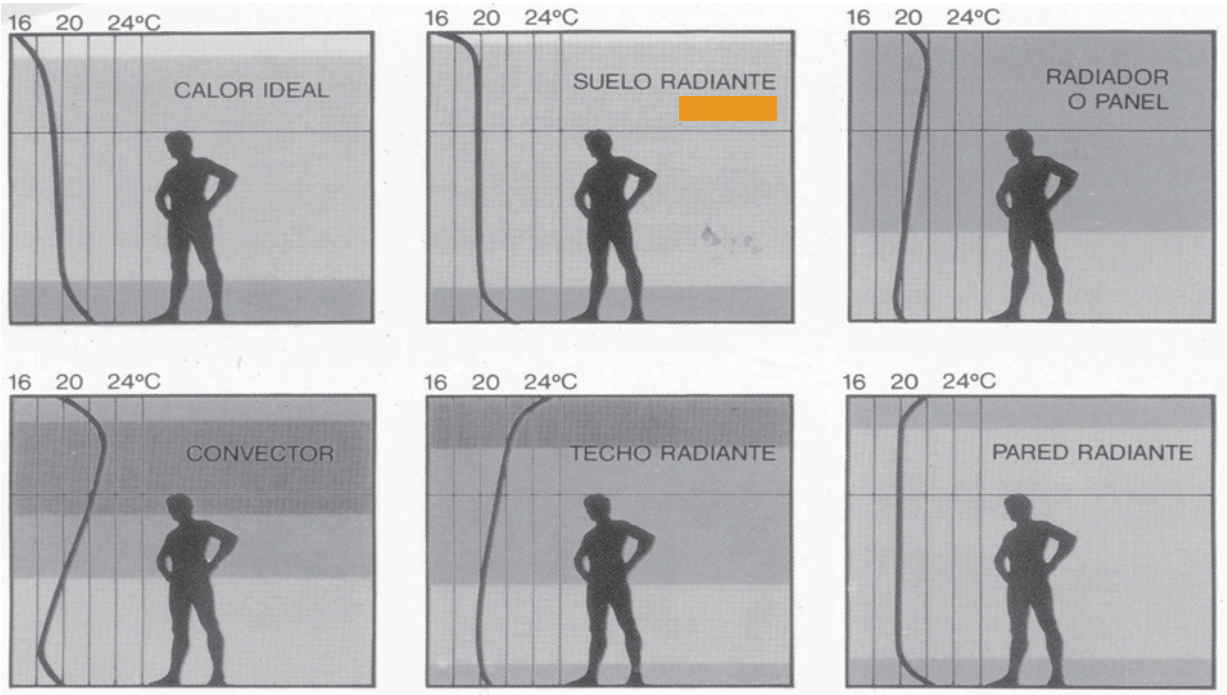
El serpentín simple continuo es el más común, ya que es el de más fácil ejecución y más económico, está limitado por las pérdidas de carga o presión que produce. El menor coste de ejecución puede quedar neutralizado por tener que hacer funcionar y mantener bombas y mayor

rango. Para que la pérdida de carga sea razonable las cañerías de las serpentinas deben ser 1/2" de diámetro hasta 45 metros, 3/4" desde 45 metros hasta 90 metros y de 1" para longitudes mayores a los 90 metros. El de espiral es algo más complejo de realizar y está destinado a compensar los casos de pérdidas en locales con varias paredes exteriores, permitiendo una buena distribución del calor.

En los paneles de parrilla, la repartición de calor es más uniforme y la caída de presión, al constituir circuitos en paralelo, es menor que en los continuos o en espiral. Ello permite una mejor uniformidad de temperatura superficial, pero tienen el inconveniente que requieren en su ejecución gran cantidad de soldaduras o conexiones para los ensambles, por lo que se aplican solo eventualmente y empleando hierro negro.

❑ Características según la ubicación de las serpentinas.

Como su nombre lo indica, la transmisión del calor desde la fuente emisora al local se realiza en mayor parte por radiación, dependiendo la misma de la ubicación de la serpentina.



| Ubicación del Panel radiante | Superficie emisora temperatura máxima admisible ° K | Emisión de calor de panel Kcal/hxm ² | Calorías Transmitidas | |
|------------------------------|---|---|-----------------------|--------------|
| | | | Radiación % | Convección % |
| Piso | 299 °K – 302 °K (26 °C -29 °C) | 50 –70 | 55 | 45 |
| Paredes | 343 °K (70 °C) | 360 | 60 | 40 |
| Techo | 308 °K – 333 °K (35 °C – 60 °C) | 90 – 230 | 70 a 80 | 30 a 20 |

Los valores del cuadro determinan que la ubicación de la serpentina debe hacerse en un cerramiento, cuya superficie sea apta para realizar la transferencia de calor por radiación.

□ Analizaremos las distintas posibilidades de colocación

Paredes: A pesar de ser en general una superficie apta para la transmisión por radiación, los inconvenientes constructivos la hacen prácticamente imposible de utilizar.

Pisos: Si sus revestimientos son aptos, cerámica, piso granítico, etc., es una ubicación posible, pero generalmente los materiales usados, madera, alfombra, etc., disminuyen mucho su rendimiento y se transforma en un sistema que trasmite el calor por convección como los tradicionales.

Es bueno para una fábrica con máquinas chicas, un jardín de infantes, etc. No sirve para un hospital, pues calentaría al colchón y no al enfermo.

La temperatura del solado será $\leq 301\text{ }^{\circ}\text{K}$ ($28\text{ }^{\circ}\text{C}$), es decir el agua podrá llegar a la serpentina a $\leq 313\text{ }^{\circ}\text{K}$ ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y salir a $303\text{ }^{\circ}\text{K}$ ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Para orientar diremos que una serpentina de hierro negro de 19 mm de diámetro, 26 metros de largo, con una temperatura media del agua de $308\text{ }^{\circ}\text{K}$ ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$), con velocidad de circulación del agua de 0,30 m/seg, entrega una 1000 Kcal/hora.

Cuando se utiliza hierro negro hay que tener mucho cuidado en el recubrimiento para evitar que se oxiden por la humedad del suelo.

Como aislante de calor hacia los pisos inferiores puede utilizarse vermiculita, lana mineral o de vidrio, arcilla expandida, etc

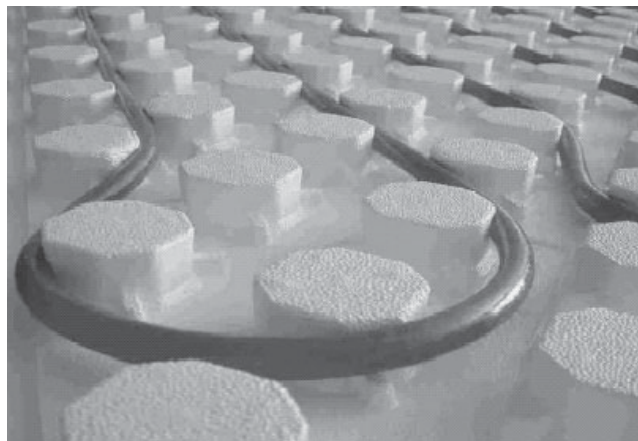
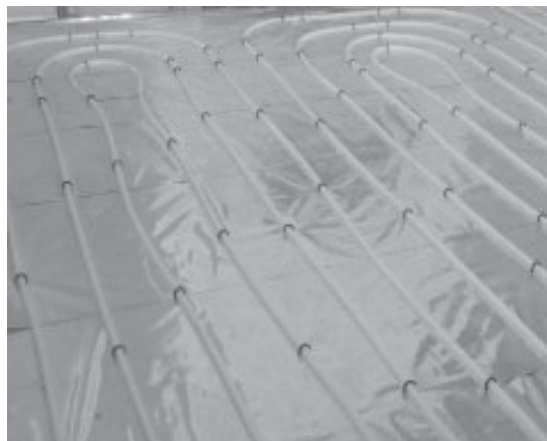
Hoy es muy utilizado el sistema radiante individual, con serpentinas de polietileno copolimero octeno (sin reticular) o polietileno reticulado, para estas el proceso de ejecución del panel es el siguiente:

- Las serpentinas se instalan empotrados en la masa del mortero de hormigón, que luego recibirán el piso. Las serpentinas se montan sobre una malla de acero reticulada semejante a la que se utiliza en las estructuras de hormigón, generalmente de 4,2 mm de diámetro en retículas de 15 x 15 ó de 15 x 25, sobre los que se fijan los tubos mediante precintos plásticos.

- Sobre los caños se ejecuta un mortero de hormigón que debe ser de alrededor de 40 mm, formando una placa sobre la parte superior del tubo y cubriendo completamente el espesor del mismo.

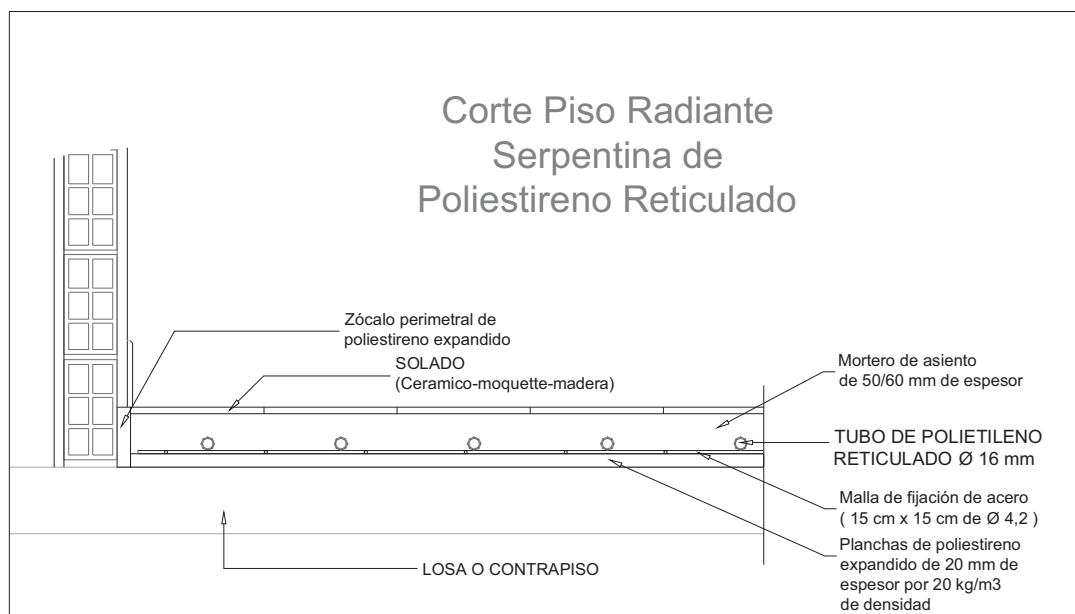
- La placa de hormigón se instala sobre una base flotante de aislación que puede ser de poliestireno expandido de 20 mm de espesor como mínimo con una densidad mínima de 20 kg/m^3 , cubierta con un film de polietileno de 0,2 mm de espesor mínimo, que actúa como barrera de vapor para proteger la aislación de la humedad del mortero de hormigón que se apoya sobre ella.

▪ Otra forma alternativa es emplear un apoyo de plástico para sustentar los serpentinas de poliestireno, fabricado expresamente de forma preconformada, de modo que se puedan encastrar en sus ranuras los caños con las separaciones proyectadas y, además, vienen con el aislamiento térmico incorporado.



▪ Lateralmente debe instalarse un banda perimetral de 10 mm de espesor y de alrededor de 15 cm de altura pegada a todas las paredes, cuya función es la de compensar las dilataciones y reducir la propagación de ruidos, evitando además la posibilidad de que se produzcan puentes térmicos entre el recubrimiento de hormigón y las paredes.

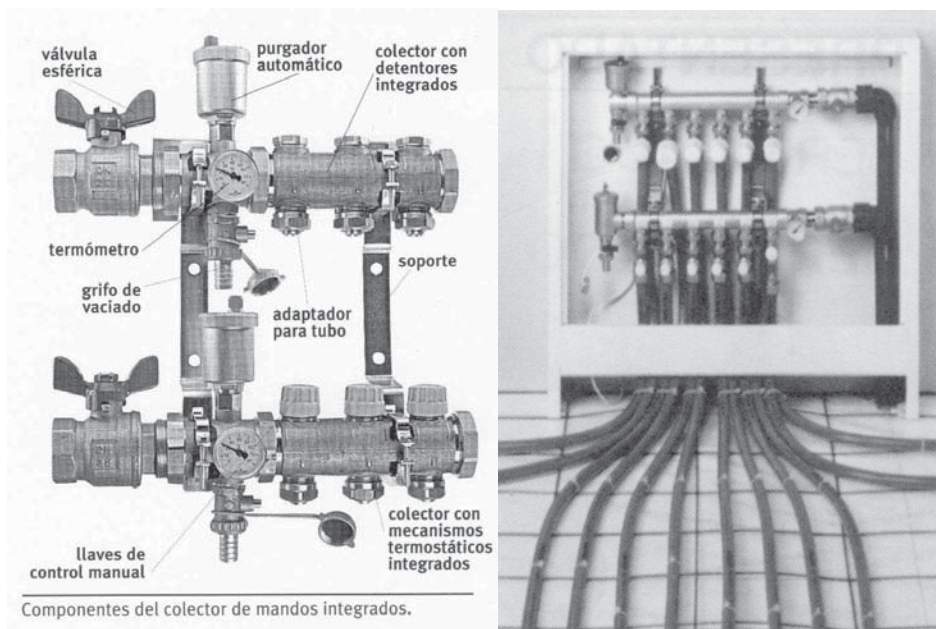
▪ Es conveniente a fin de evitar dilataciones excesivas colocar juntas de unos 8 mm de ancho cuando las superficies de los paneles superen superficies de 40 m² o la longitud del lado sea mayor de 8 metros, evitando relaciones de lados mayores de 1 en 2. Los tubos de calefacción que atraviesen las juntas de dilatación deben estar envainados con caño corrugado empotrado 15 cm a cada lado para permitir la adecuada dilatación.



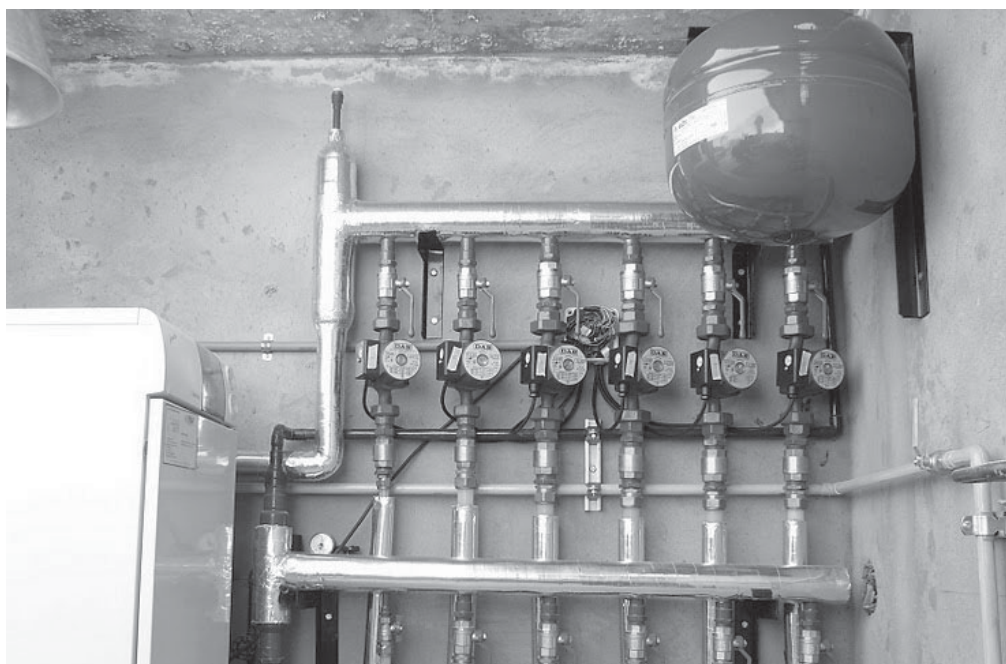
Para la distribución de los caños de polietileno, cobre o latón se emplean colectores de cobre o latón prefabricados para distintos circuitos, diseñados para un sencillo montaje, que

Ing. Díaz, Victorio Santiago – Ing. Barreneche, Raúl Oscar

generalmente se instalan en cajas metálicas y están diseñados para la correcta entrada de los ramales de unión con la caldera y los diferentes circuitos del sistema.



Los colectores deben ser instalados a un nivel más alto respecto al plano de los circuitos para facilitar el purgado de aire de los mismos, por lo que vienen provistos con válvulas de desaire automáticas. En la posición superior se instala el colector de alimentación y en el inferior el de retorno, ambos con las válvulas de cierre de cada circuito.

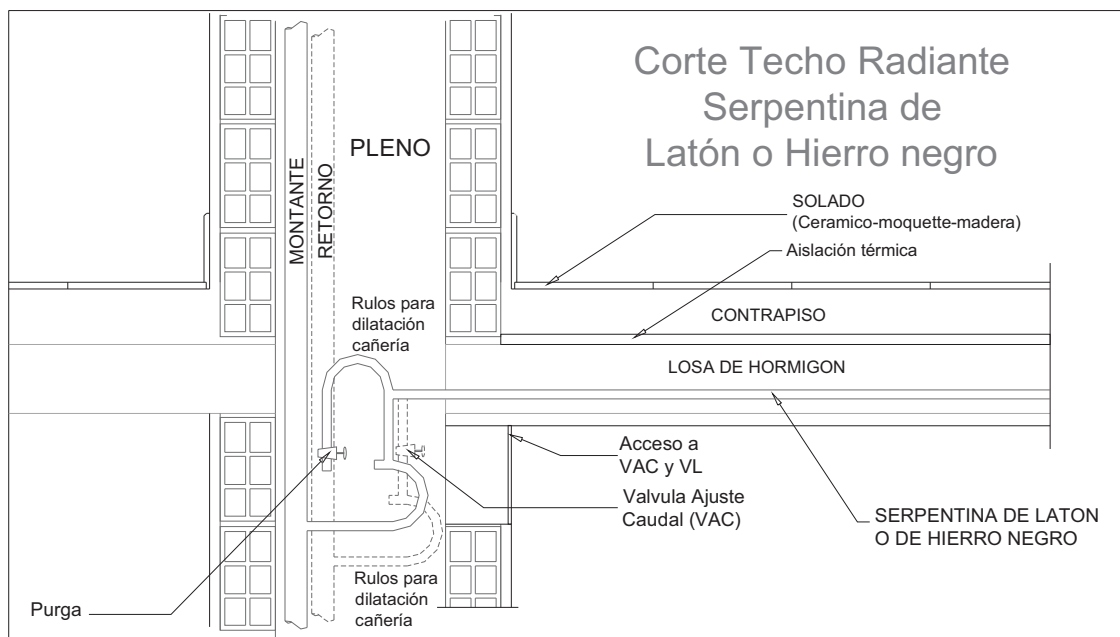


Sala de caldera calefacción piso radiante individual

Las cajas deben estar situadas en lo posible en el centro geométrico de la planificación de las serpentinas de modo que la distancia a cada uno sea la mínima y a una altura fácilmente accesible, no menor de 50 cm con respecto al nivel del piso.

Techos: Las terminaciones de los cielorrasos, que por sus características, en general favorecen la radiación. Son los que más se adaptan a la necesidad del sistema.

- **Serpentina embutida en las losas de hormigón armado:** Las serpentinas que por lo general son de hierro negro, se colocan previo al hormigonado, lo más cerca posible de la capa inferior, sobre la armadura resistente. El coeficiente de dilatación del hierro es prácticamente del mismo orden que el hormigón. Tiene la ventaja de mantener protegidas las cañerías de los agentes exteriores y constituir un buen elemento de emisión de energía radiante en razón de ser este caso el más utilizado, el sistema se conoce habitualmente con el nombre de “Calefacción por losa radiante”



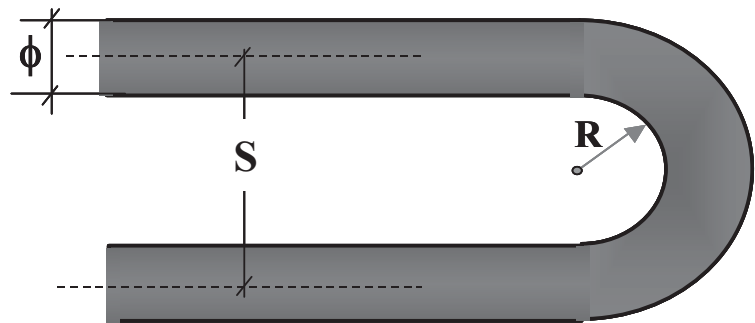
- **Serpentina en cielorraso suspendidos:** Es una instalación más costosa que la anterior, se usa generalmente serpentinas de cobre y se puede reparar y /o modificar. En estos casos la puesta en régimen se acorta notablemente, pero deben tomarse precauciones en su ejecución para evitar en los cielorrasos rajaduras por dilataciones. También existen paneles conformados de cañerías de polibutileno con barrera anti-oxígeno embebidos en hormigón liviano.



Vista panel en cielorraso

• **Criterios para la ubicación de serpentinas**

A efectos de lograr una distribución uniforme del calor en los locales es necesario que la separación entre las cañerías que conforman las serpentinas esté de acuerdo al diámetro de las mismas, pero ella también debe permitir el doblado sin fisuras ni aplastamiento de los caños. Para cañerías de hierro negro, cobre o latón tendremos:



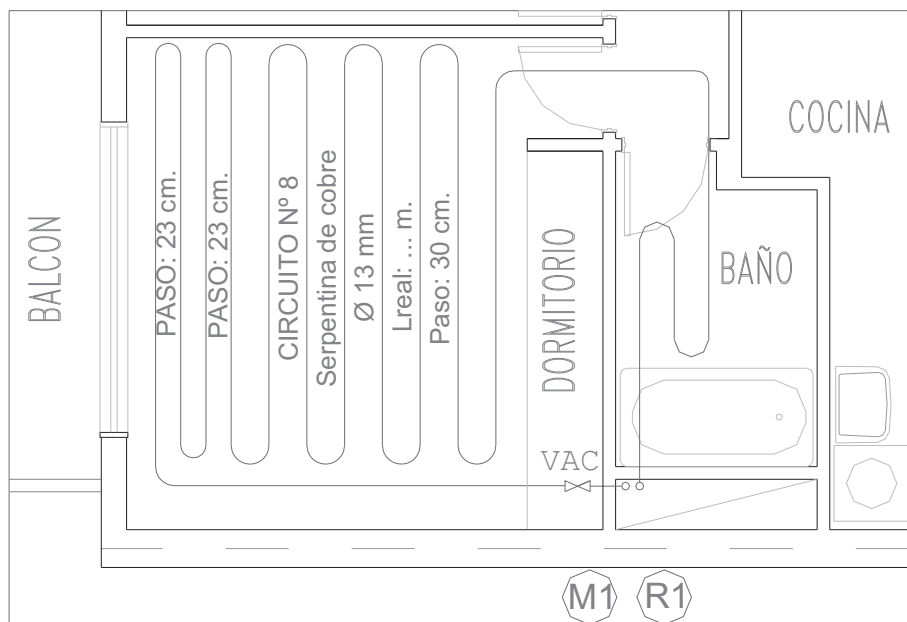
Radio de curvatura = $R > 5 \phi$

| Diámetro ϕ mm | Separación S cm |
|--------------------------|-----------------------|
| 12 | 15 a 23 |
| 19 | 23 a 31 |
| 25 | 31 a 61 |
| 32 | 46 a 61 |

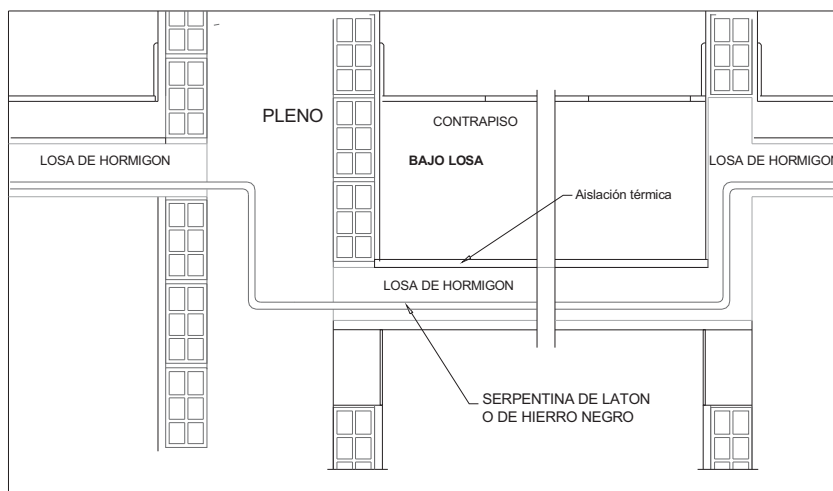
Las cañerías plásticas a igual separación de cañerías requieren mayores desarrollos en los extremos que dado la flexibilidad del material se ejecutan fácilmente.

Considerando las distintas posibilidades de ubicación de cañerías montantes y retornos, y la distribución de los locales a calefactar, se pueden proyectar serpentinas de distintos tipos ya vistos.

Si analizamos los locales a climatizar, estudiando los cerramientos más fríos, por problemas de orientación, menos aislados térmicamente, superficies vidriadas, etc., debería proyectarse la serpentina cercana a ellos con separaciones menores y tratando que la recorra el agua de mayor temperatura, más cercana al montante, como lo muestra la figura.

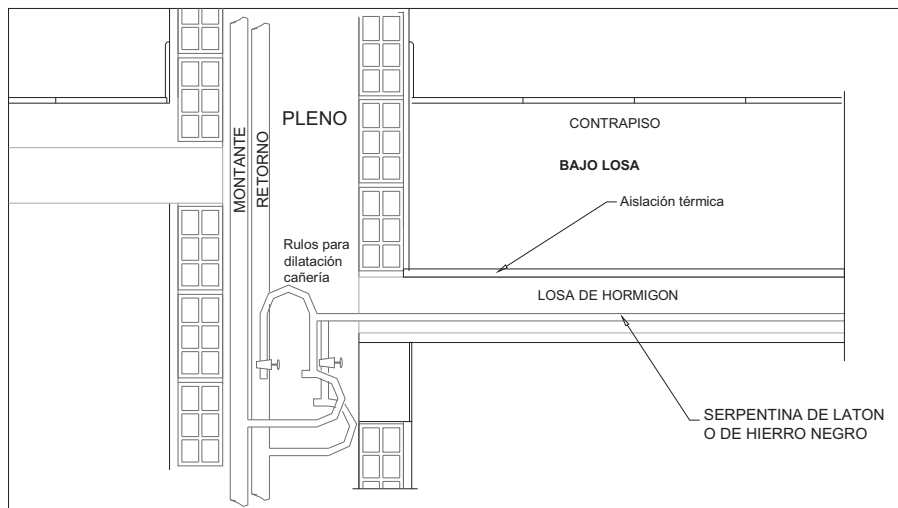


Debe tenerse especial cuidado en la colocación de serpentina a distintos niveles, losas bajas en locales sanitarios, a fin de evitar la formación de sifones invertidos. En la siguiente figura muestra el inconveniente que ocasiona la eventual necesidad del vaciado de la instalación en esa zona.



Serpentina mal proyectada

En la figura siguiente ubicando el montante o el retorno en la posición indicada se evita ese inconveniente.



En caso de no poder ubicar el montante o el retorno como se indicó anteriormente, debería mantenerse la serpentina en un mismo nivel. Se calefactará el local sanitario por piso, alimentando dicha serpentina con agua a 313 °K (40 °C) y colocando en la planta calefaccionada más baja, una serpentina de compensación.

En el caso de colocar la serpentina por piso, deberá tenerse especial cuidado en la protección de la misma.

Para lograr una buena circulación del agua caliente y una distribución uniforme del calor, es aconsejable no proyectar serpentinas de longitudes superiores a los 60 metros.

La temperatura de la superficie del panel radiante no debe sobrepasar los valores indicados en la tabla siguiente a efectos de no dañar cerramientos y/o revestimientos ni causar incomodidades a las personas.

| Panel | Temperatura de la superficie del panel radiante |
|--|---|
| Paredes revocadas a la cal y estucadas | $\leq 322 \text{ °K (49 °C)}$ |
| Techos con cielorrasos Aplicados de cal y yeso | $\leq 318 \text{ °K (45 °C)}$ |
| Pisos | $\leq 302 \text{ °K (29 °C)}$ |

- **Serpentina en techo:** A la altura de la cabeza de una persona de pie, la temperatura no debe sobrepasar en 2 a 3 grados la temperatura requerida para el ambiente y por consiguiente el cielorraso no podrá pasar de 308 °K (35 °C) para una altura libre de 2,60 metros.

Hay que cuidar mucho el aislamiento para que no pase hacia arriba del 20% del calor de la serpentina. No solo se perdería eficiencia en la calefacción, sino que podemos afectar al solado del piso superior, ejemplo solado de madera.

En algunos locales es necesario colocar techo y piso radiante, el agua caliente recorrió la serpentina del techo se la podrá hacer circular por la serpentina del piso.

□ Uniones

Cañerías de hierro negro: Se unen con soldadura autógena, empleando electrodos de hierro negro como material de aporte. Para montantes o retornos mayores a las 2" se utilizan bridas.

Cañerías de cobre y latón: Se unen por soldadura fuerte, con aporte de material de cobre fosforoso o cobre-zinc-cadmio.

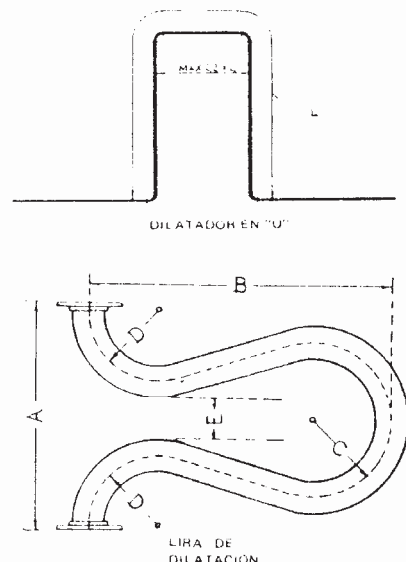
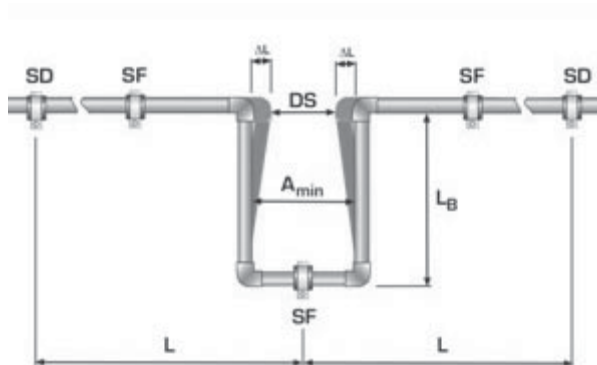
Cañerías polietileno copolimero octeno, sin reticular, o polietileno reticulado: Generalmente se utiliza estos materiales en rollo, con lo cual la serpentina es continua, uniéndose a los colectores a través de abrazaderas.

El polietileno copolimero octeno, sin reticular, se une por termofusión o electrofusión. El polietileno reticulado puede unirse mediante conectores de bronce o plásticos con abrazaderas.

□ Dilatadores

En las cañerías principales, debido a su gran tamaño y longitud, es muy evidente el aumento de longitud por dilatación ocasionada por las temperaturas a que trabaja el sistema. Estas cañerías podrán moverse libremente, estarán sujetas por soportes con rodillos y llevarán dilatadores.

1. Tipo lira u omega: No es apta para agua caliente circulación natural, ni para vapor condensado. Se pueden usar para agua caliente con circulación forzada y para vapor.

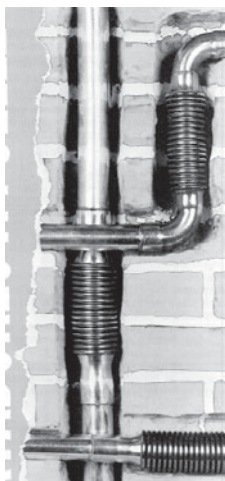


2. Tipo enchufe: Consiste en dos piezas, una interior y otra exterior, deslizándose la primera dentro de la otra, con interposición de un prensaestopa. Deben ser inspeccionados periódicamente por posible pérdidas por el prensaestopas.



3. Tipo fuelle:

De cobre



De acero inoxidable



❑ **Prueba hidráulica:** A medida que se va haciendo la instalación, se la llenará con agua a alta presión, principalmente las serpentinas embutidas en losas de hormigón.

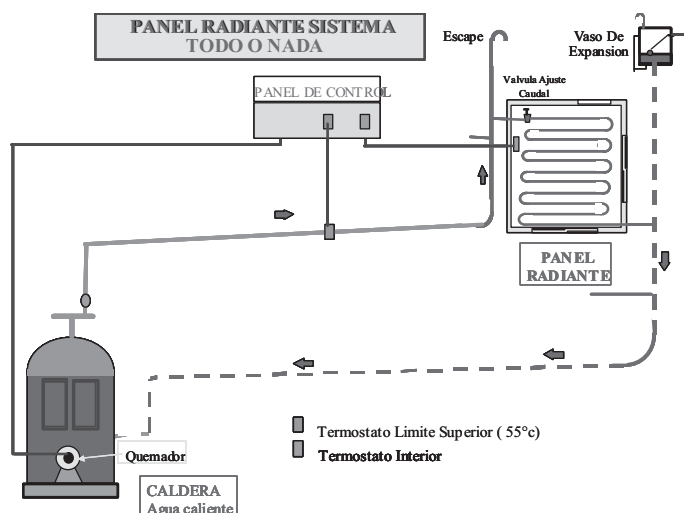
XII.2.2 SISTEMAS DE CONTROL

Lo fundamental es mantener el ambiente en estado de régimen, a una temperatura fija, a pesar del cambio de las condiciones exteriores e interiores, radiación solar, vientos, personas, máquinas, etc.

Como pretendemos que la temperatura de los paneles radiantes sea baja y uniforme, tendremos que usar agua caliente y cañerías muy separadas.

1. **Sistema todo o nada:** Este tipo de control es el más sencillo. Sea por ejemplo con una caldera a agua caliente.

El acuastato observa que el agua no pase la temperatura límite, por ejemplo 323 °K (50 °C). El termostato para mantener una temperatura interior de régimen, por ejemplo 293 °K (18 °C), enciende el quemador cuando la temperatura del ambiente descendió a 291 °K (16 °C) y lo apaga cuando llega a los 292 °K (19 °C). Pretendemos que el tiempo de operación o reacción sobre el quemador sea mínimo.



2. Sistema todo o nada con circulación forzada: Es similar al anterior al cual se le ha intercalado una bomba circuladora en el retorno.

Es mejor porque la reacción es más rápida.

3. Sistema con control anticipado o con regulador de acción exterior: A circulación de agua constante la temperatura del agua varía en relación inversa al gradiente de temperatura exterior.

Es decir se prevén las variaciones de temperatura exterior.

No se espera que cambien las condiciones interiores sino que se hace el ajuste de temperatura de la instalación en base a una sonda exterior que registra el gradiente de la temperatura con respecto al tiempo.

Se reciben sensaciones en:

Termostato exterior

Termostato interior

Termostato control temperatura agua serpentina.

Termostato control temperatura limite superior agua serpentina.

Se procesan estas sensaciones en el panel de comando automático y se emiten respuestas al:

Quemador

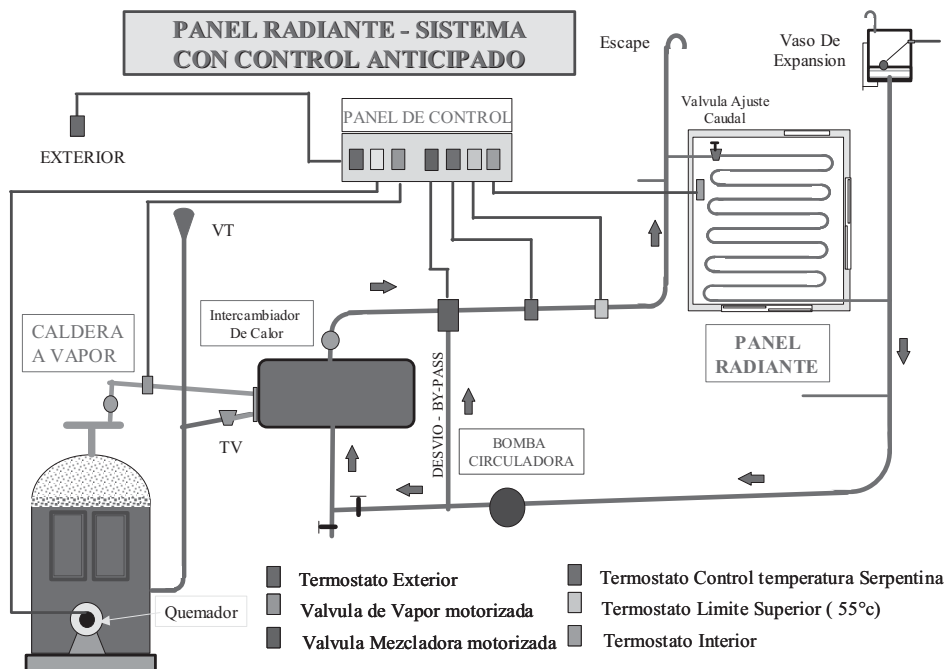
Válvula motorizada de vapor

Válvula motorizada mezcladora.

Lo fundamental de este sistema es que se anticipan las condiciones climáticas futuras, basándose en los gradientes de temperatura, y poder mantener las condiciones interiores constantes.

Además con este sistema se puede dividir al edificio en zonas de igual demanda de calorías, se encarece la instalación pero se brinda mayor bienestar.

En esta figura se esquematiza una instalación completa, incluyendo todos sus elementos constitutivos.



Función de los elementos constitutivos:

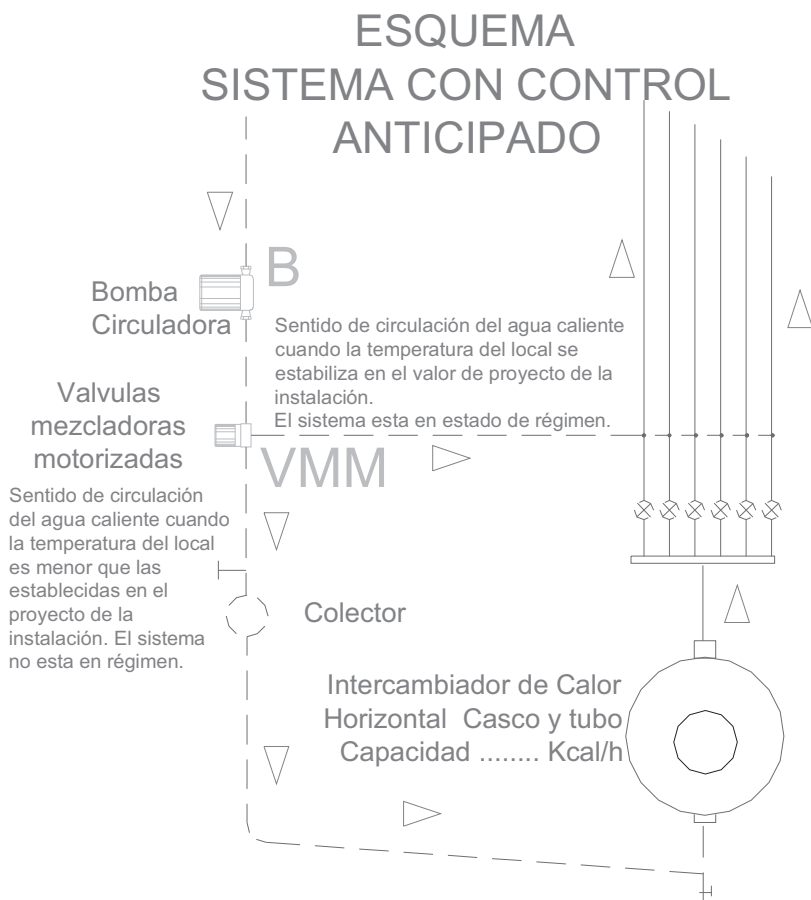
Intercambiador de calor: En el se realiza la transferencia de calorías del vapor o agua caliente generadas en la caldera, el agua que circulará por el sistema.

Válvula de vapor: Regula la entrada de vapor al intercambiador de calor, con controles automáticos, dicha válvula es motorizada.

Termostato de control de la temperatura del agua: Registra la temperatura del agua antes de llegar a las serpentinas, puede regularse por zonas.

Termostato límite superior: Registra la temperatura del agua en las cañerías, no permitiendo que la misma sobrepase los valores admisibles para los cuales fue proyectada la instalación.

Válvula motorizada mezcladora: Realiza automáticamente la mezcla de la cañería de retorno con el agua de la cañería montante, a efectos de variar la temperatura de la misma cuando así lo requiera el sistema.



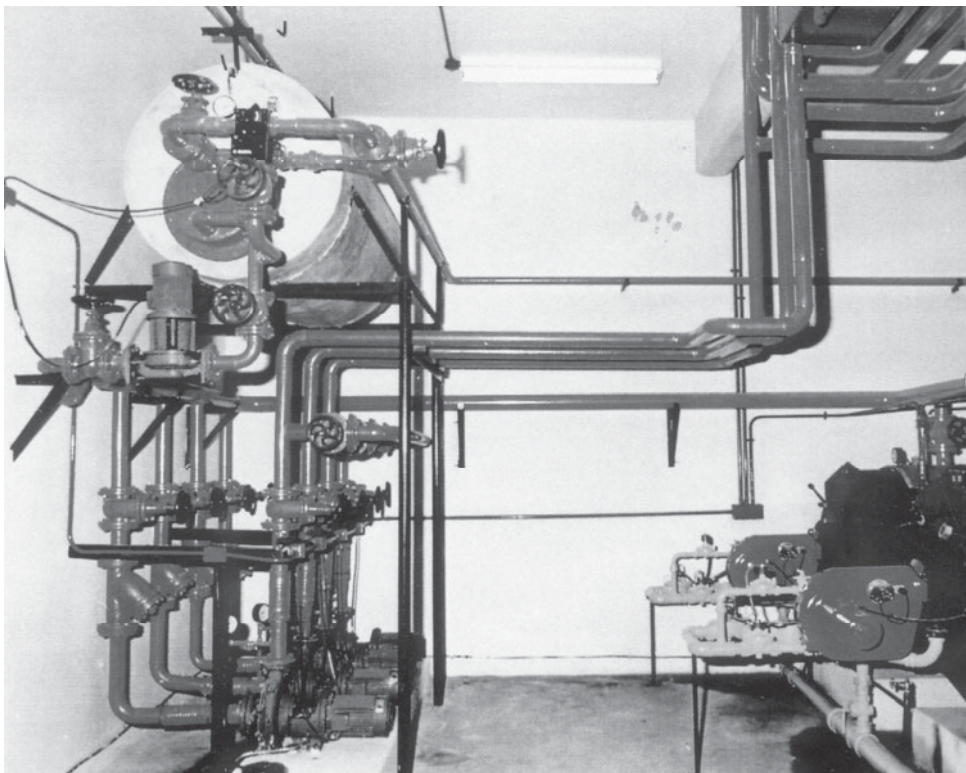
Termostato exterior: Registra la temperatura exterior.

Termostato interior: Registra la temperatura del local y actuando coordinadamente con el termostato exterior, permite un mejoramiento en la respuesta del sistema ante las variaciones de temperatura.

Válvula ajuste de caudal: Permite ajustar los caudales de agua de las serpentinas de cada local a efectos de lograr las reales necesidades de los mismos.

Panel de comando automático: Duo-Stat, Recibe los datos de los elementos, los procesa y vuelca las órdenes sobre el quemador y válvulas motorizadas de vapor y mezcladora.

Bomba circuladora: Hace circular el agua por la instalación.



Instalación de bombas circuladoras de agua caliente para el circuito de calefacción
Puede observarse el tanque intermediario para agua caliente sanitaria

4. Sistema simplificado: Es el que se usa en viviendas económicas, solamente tiene control límite superior de temperatura de agua.

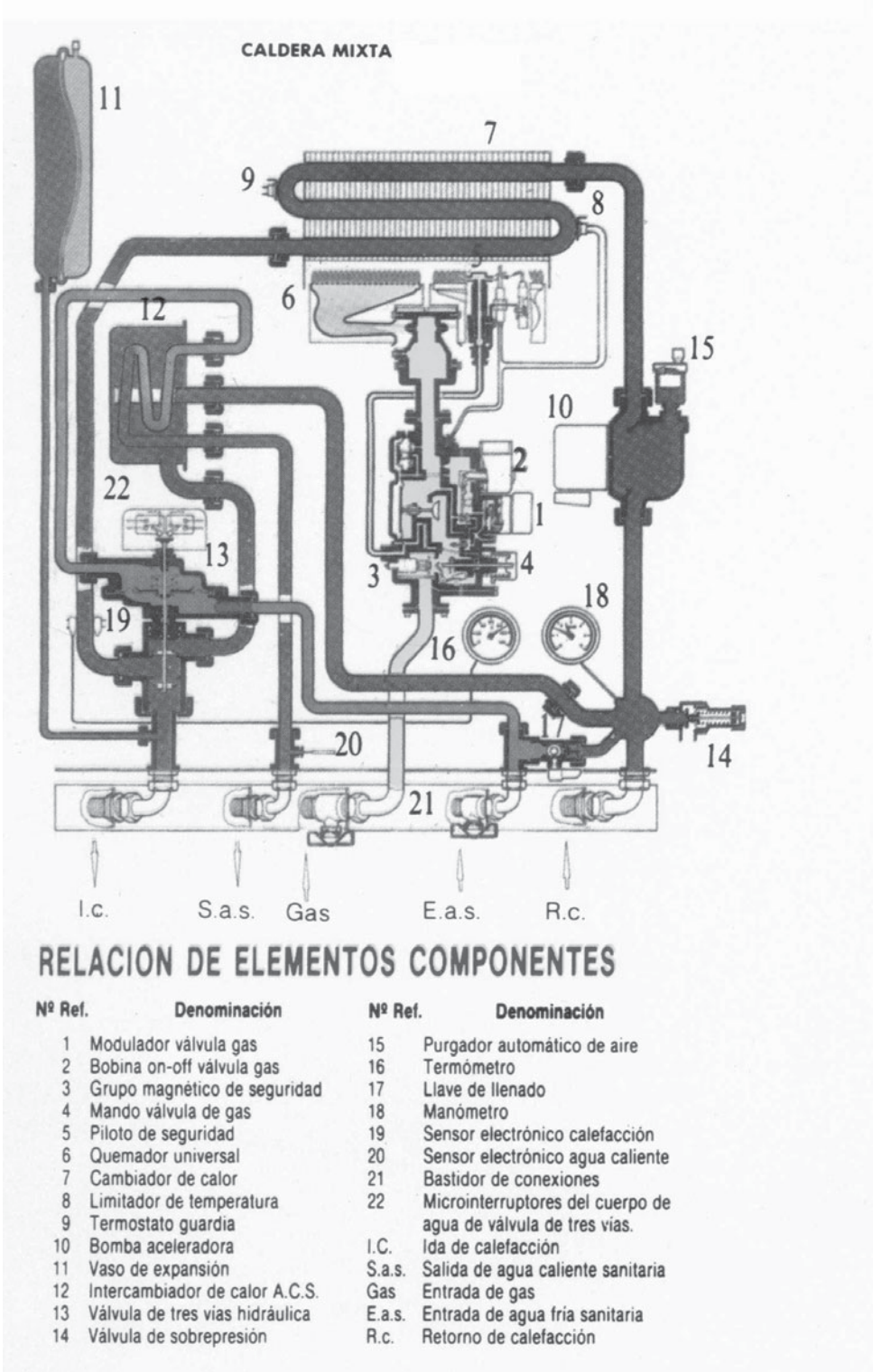
Tiene válvulas esclusas en las derivaciones para las serpentinas y el comando lo realizan entre el encargado y el usuario.

Si las condiciones exteriores y/o interiores varían, el usuario podrá abrir las ventanas para enviar al exterior el exceso de calor que se envía a los locales, pues por seguridad siempre se hace un cálculo de máxima. Es decir se economizan controles pero se gasta en combustible.

Sistema de calefacción en edificios de gran altura: Se puede proyectar con central única, pero con intercambiadores de calor y controles cada 8 a 10 pisos.

Sistema individual: Con calderas de mesada, con capacidad inferior a los 40.000 Kcal/hora. Tienen dos circuitos independientes.

1. Agua caliente uso sanitario, circuito abierto.
2. Agua caliente para calefacción, circuito cerrado, con electrobomba y vaso de expansión.



XIII.2.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Se indicará a continuación uno de los métodos de cálculo de la instalación basado en gráficos de A.S.H.V.E.

• **Temperatura media del local:** En razón de la mayor uniformidad en la distribución del calor, se considera como temperatura media del aire del local, una temperatura inferior, en general 2 °K (2 °C) a 4 °K (4 °C), que la indicada en los sistemas tradicionales, por ejemplo:

| | |
|-------------------|----------------|
| Dormitorios | 291 °K (18 °C) |
| Baños | 293 °K (20 °C) |
| Estar | 289 °K (16 °C) |

Análisis de la carga térmica de los locales: Se realiza el balance térmico de los locales, con el mismo criterio que para las instalaciones convencionales.

• **Temperatura de radiación media o temperatura media interior de cerramientos:**

No se considera el cerramiento que contendrá la serpentina.

Para los restantes se distinguen dos casos:

1. Cerramientos interiores contiguos a locales calefaccionados: Se toma para la cara vista interior una temperatura mayor en 1° K (1 °C) a la temperatura media del local.
2. Cerramientos exteriores: Se utiliza el grafico de la “**Temperatura para los Cerramientos Externos**” en donde entrando con la temperatura exterior y el valor del coeficiente de transmisión K, se obtiene la temperatura de la superficie interna del cerramiento.

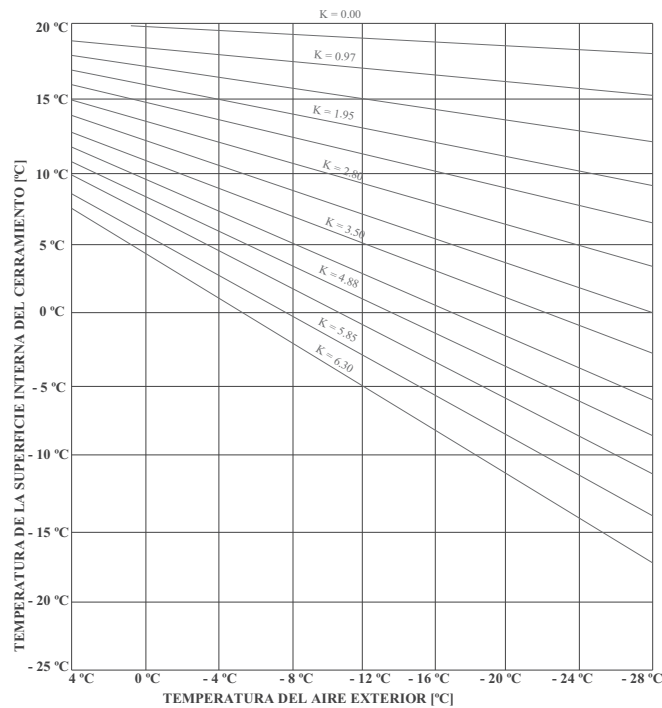


Gráfico: Temperatura para los cerramientos externos

Al valor obtenido se le suma 1 °K (1 °C) a efecto de tener en cuenta la incidencia de las radiaciones emitidas por el panel radiante.

- **Temperatura de radiación media de los cerramientos:** No se considera el cerramiento donde se ubicará el panel radiante.

En consecuencia:

$$T.R.M. = \frac{\sum S_i \times T_i}{\sum S_i}$$

Siendo:

S_i : Las superficies de los distintos cerramientos

T_i : Las temperaturas medias interiores que les corresponden.

- **Cantidad de calor que transmite el panel por radiación:**

$$Q_p = \alpha \times Q_{BT}$$

Siendo:

Q_{BT} = Cantidad de calor Kcal/hora, obtenida del análisis de la carga térmica.

α = Porcentaje de calorías que el panel transmite por radiación. Se obtiene de la tabla siguiente:

| Ubicación del Panel radiante | Superficie emisora temperatura máxima admisible °K | Emisión de calor de panel Kcal/hxm ² | Calorías Transmitidas | |
|------------------------------|--|---|-----------------------|--------------|
| | | | Radiación α % | Convección % |
| Piso | 299 °K – 302 °K (26 °C -29 °C) | 50 –70 | 55 | 45 |
| Paredes | 343 °K (70 °C) | 360 | 60 | 40 |
| Techo | 308 °K – 333 °K (35 °C – 60 °C) | 90 – 230 | 70 a 80 | 30 a 20 |

- **Temperatura del Panel radiante:** En función de la temperatura de radiación media T.R.M. y de la cantidad de calor que el panel radiante transmite por radiación Q_p , en el gráfico “**Temperatura del panel radiante**”, se obtiene la temperatura del panel radiante, la cual no deberá sobrepasar las máximas admisibles que se indican en la tabla siguiente.

| Panel | Temperatura de la superficie del panel radiante |
|--|---|
| Paredes revocadas a la cal y estucadas | ≤ 322 °K (49 °C) |
| Techos con cielorrasos Aplicados de cal y yeso | ≤ 318 °K (45 °C) |
| Pisos | ≤ 302 °K (29 °C) |

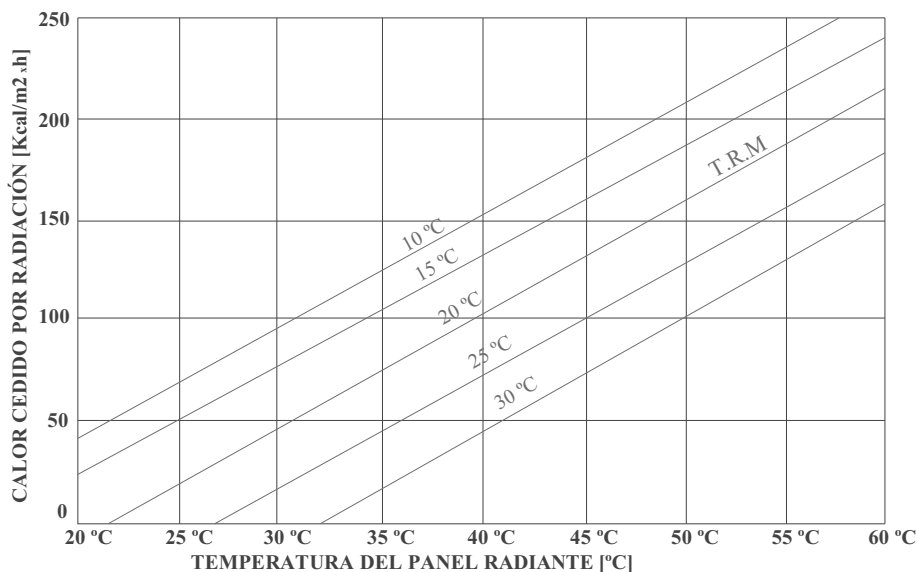


Gráfico: Temperatura del panel radiante

- **Temperatura de radiación media del local:**

$$T.R.M._{Local} = \frac{S_{panel} \times T_{panel} + \sum S_i \times T_i}{S_{panel} + \sum S_i}$$

Verificación:

Con T = temperatura interior del local.

$T.R.M._{Local} = R$ = Temperatura de radiación media del local.

Sensación de calor = $(R + T) / 2$

Verificamos si coincide con los valores estipulados.

- **Dimensionamiento de las serpentinas:** Proyectar un sistema de calefacción por panel radiante debe hacerse con cuidado, dado que es difícil producir una modificación del proyecto original una vez ejecutada la instalación. Proyectar en exceso la instalación implica tener un sistema sofisticado de controles, y se hace prácticamente imposible tener respuesta a la necesidad de confort en una ciudad con bruscos cambios de temperatura como lo es por ejemplo Buenos Aires. En cambio cuando se proyecta ajustadamente la instalación queda la posibilidad de elevar la temperatura del agua o aumentar el caudal mediante una bomba de mayor capacidad, si se incrementa el salto térmico debido a una menor temperatura exterior que la considerada en el proyecto.

Por la serpentina circula agua caliente, el calor atraviesa el espesor del material de la cañería y a medida que transcurre el tiempo va aumentando la temperatura del panel, distribuyéndose el calor en forma uniforme en todas direcciones, hasta llegar a la superficie emisora de calor en el local.

Es evidente que la distribución térmica es mayor a medida que aumenta el diámetro del caño, a causa de la mayor área de contacto entre la cañería y el panel que lo rodea.

Dado que el flujo de calor es radiante, fluye en todas direcciones. Los diámetros nominales interiores de los caños que constituyen las serpentinas utilizados son generalmente de 1/2" y 3/4", metálicos o de polietileno y, según valores experimentales, se ha verificado que la conductibilidad propia y específica del material del caño en si, no es determinante con relación a todo el conjunto de resistencias térmicas que componen un piso radiante.

De esa manera, la cantidad de calor que emite la serpentina puede expresarse por la ecuación:

$$Q_{\text{serp.}} = K \times S \times (t_h - t_i)$$

Donde:

- $Q_{\text{serp.}}$: Cantidad de calor que cede la serpentina al ambiente [kcal/h], [W]
 K : Coeficiente total de transmisión de la cañería embutida en el panel [kcal/hx°C], [W/°K]
 S : Superficie externa de la serpentina [m²]
 t_h : Temperatura promedio del agua de calefacción [°C] [°K]
 t_i : Temperatura del aire ambiente [°C] [°K]

La superficie exterior de la serpentina igual a:

$$S = p \times L$$

Donde:

- p : perímetro exterior de la serpentina (m)
 L : longitud de la serpentina (m);

$$Q = K \times p \times L \times (t_h - t_i)$$

Se establece que: $K_r = K \times p$

Siendo:

- K_r : coeficiente de transmisión total de la serpentina embutida en el panel por metro de longitud de cañería (kcal/h x ml x °K (o °C))

Entonces:

$$Q = K_r L (t_h - t_i)$$

De modo que la longitud del serpentín en metros, vale:

$$L_{\text{serp}} = \frac{Q}{K_r \times (t_h - t_i)}$$

Debe verificarse que la longitud L no supere longitudes máximas a fin de evitar caídas de presiones excesivas en los circuitos hidráulicos, que pueden originar mayor consumo de la bomba y desbalances en el sistema:

- 1/2" nominal: Serpentinatas de hierro negro o latón hasta 45 metros
- 1/2" nominal: Serpentinatas de polietileno reticulado hasta 75 metros
- 3/4" nominal: Serpentinatas de hierro negro o latón hasta 75 metros
- 3/4" nominal: Serpentinatas de polietileno reticulado: 100 metros

Coeficiente de transmisión K_r .

Como $K_r = K \times p$ y como K se estima en 17 kcal/h x ml x °K (o °C), se puede establecer el mismo para distintos tipos de materiales en función del perímetro exterior:

| Material | 1/2" Nominal | 3/4" Nominal |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Polietileno Reticulado | 0,85 | 1,07 |
| Latón | 0,89 | 1,23 |
| Hierro Negro | 1,20 | 1,45 |

Temperatura promedio del agua (t_h).

La temperatura promedio del agua, puede expresarse por:

$$t_h = \frac{t_e + t_s}{2}$$

Donde:

t_e : temperatura del agua a la entrada de la serpentina °K (o °C);

t_s : temperatura del agua de salida de la serpentina °K (o °C).

El salto térmico entre la temperatura de entrada y salida se fija en general en la práctica en 10 °K (°C), como el valor más razonable dado que sirve para fijar el caudal que debe circular por el sistema.

Por otra parte, la temperatura máxima del agua se establece en 323 °K (50 °C) para evitar dilataciones excesivas, que pueden originar problemas en las estructuras donde se empotran las serpentinas y evitar que se puedan originar temperaturas superficiales que superen los límites admisibles. Con cierta seguridad, se puede adoptar como temperaturas promedios t_h °K (o °C) del agua, para el análisis de la emisión del serpentín de 313 °K (40 °C) (t_e entrada: 318 °K (45 °C) y t_s salida: 308 °K (35 °C))

Estas temperaturas deben mantenerse constantes en todo el proyecto.

- **Separación entre ramas del serpentín:** Una vez determinada la longitud L del serpentín en metros, se debe proyectar su ubicación dentro del área emisora disponible del local.

Al realizar el diseño, la separación de los caños que constituyen el serpentín calefactor, deben estar comprendidos entre 10 y 30 cm.

□ **Cañerías de montantes y retornos y bombas de circulación**

Las cañerías montantes y de distribución se calculan con un salto térmico de 283 °K (10 °C) a 288 °K (15 °C) entre la entrada y salida de agua del serpentín, de la misma forma detallada en el cálculo de cañerías de agua caliente por circulación forzada por radiadores, así como las bombas circuladoras.

- **Cantidad de agua a circular:** Conociendo del balance térmico la cantidad de Kcal/hora a suministrar:

$$Q = c \times m \times (t_{\text{entrada-agua}} - t_{\text{salida-aire}})$$

Siendo:

C = calor específico del agua

m = litros de agua por hora (Kilogramos / hora)

$(t_{\text{entrada-agua}} - t_{\text{salida-aire}})$ = diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del agua de la serpentina.

XIII.3 INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE

A igual que las instalaciones de calefacción por agua, las de calefacción por aire caliente se pueden clasificar según la forma de circular el aire en:

- Circulación natural del aire.
- Circulación forzada del aire.

□ **Circulación natural del aire:** En las instalaciones de circulación natural, desde la planta térmica se hace circular el aire aprovechando las diferencias de pesos específicos entre el aire de alimentación y el de retorno. Hoy en desuso.

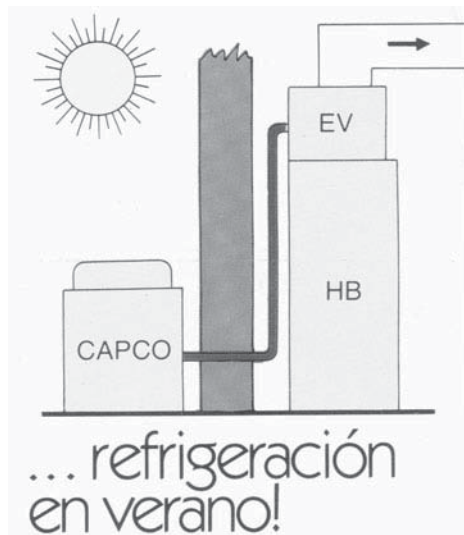
□ **Circulación forzada del aire:** Hoy el mercado ofrece una variedad de equipos de calefacción por aire caliente de circulación forzada. Los mismos calientan aire y lo hacen circular mediante la acción de un ventilador centrífugo a través de una red de conductos de mando y retorno que se adosa al equipo. Se les adiciona una cierta cantidad de aire exterior. Tiene las mismas ventajas e inconveniente que el sistema de acondicionamiento compacto con distribución por red de conductos, sin producir el confort adecuado en la época veraniega.

- Tiene el inconveniente de los espacios que ocupan los conductos, los que deben estudiarse con detenimiento.

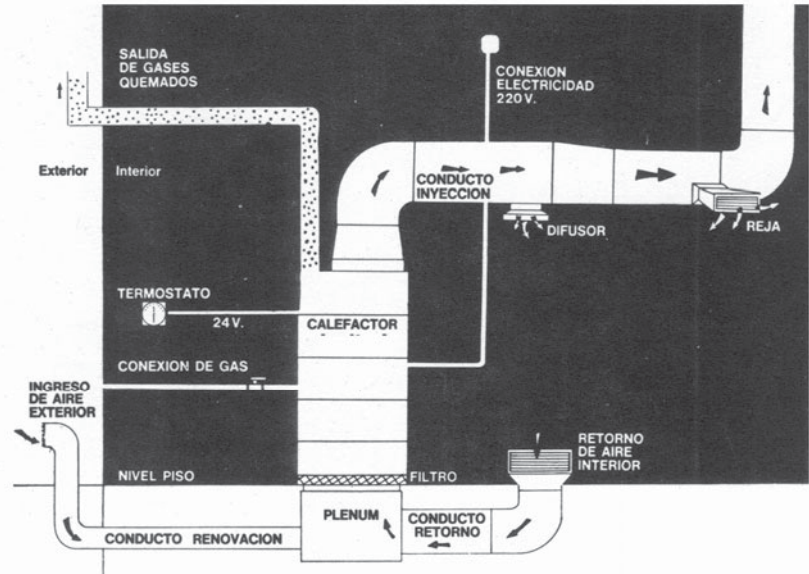
- Tiene la ventaja de realizar adecuada distribución del calor, control de humedad en caso de disponer de humidificador y además, de poder utilizar el sistema como ventilación en verano o la época intermedia.

- Otra de las ventajas de este sistema es que en caso de que por razones económicas no se instale el aire frío en un principio, puede preverse su instalación futura calculando los conductos para tal fin y dejando los espacios necesarios para los equipos de refrigeración. Simplemente incorporando una unidad condensadora y una unidad evaporadora.

La calefacción con equipos compactos, a gas, montados en fábrica, son muy empleados en la calefacción de edificios.



Funcionamiento:



El aire exterior o aire de ventilación entra a través de una reja de toma y se mezcla en un recinto exterior al equipo, Plenum, con el aire de retorno del ambiente. La cantidad de aire de mezcla se regula a voluntad, generalmente mediante persianas de regulación manual.

El aire exterior que penetra significa una ganancia permanente de volumen en el sistema. De esa manera, el aire exterior introducido crea una sobrepresión en los locales, que hace fluir el aire del interior al exterior de los ambientes, en la misma cantidad que entra. Es decir, que una de las ventajas de este sistema consiste en reducir la entrada de polvo en los locales, dado que el aire circula hacia afuera de éstos, y el aire exterior que penetra se filtra, con el fin de quitarle las partículas en suspensión.

Luego el aire mezclado y filtrado es impulsado por un ventilador centrífugo hacia el dispositivo de calentamiento que consiste, en este caso, en un quemador a gas y un intercambiador por el cual circula el aire, totalmente independiente de la fuente de combustión propiamente dicha. Puede utilizarse calefactores eléctricos o baterías de calefacción por las cuales circule agua caliente o vapor.

Posteriormente el aire se envía a los locales por conductos, siendo distribuido mediante rejillas de alimentación ubicadas en paredes o difusores ubicados en cielorrasos. Luego el aire es recogido del local por rejillas de retorno y enviado nuevamente al equipo acondicionador, mediante conductos, repitiéndose de esa forma el ciclo.

Capacidades y Dimensiones aproximadas.

| Capacidad kcal/h | Caudal aire nominal m ³ /min | Conexión de gas | Alto mm | Ancho mm | Profundidad mm | φ - diámetro mm chimenea |
|---------------------|---|--------------------|------------|-------------|-------------------|--------------------------------|
| 16.000 | 23,5 | 1/2" | 1.400 | 400 | 400 | 100 |
| 25.000 | 30 | 1/2" | 1.400 | 500 | 500 | 150 |
| 30.000 | 40 | 1/2" | 1.400 | 600 | 600 | 160 |
| 40.000 | 60 | 1/2" | 1.500 | 700 | 660 | 180 |
| 60.000 | 80 | 3/4" | 1.500 | 1.100 | 700 | 200 |
| 80.000 | 120 | 3/4" | 1.600 | 1.200 | 800 | 220 |

XIII.3.1 CÁLCULO DEL EQUIPO DE AIRE CALIENTE

La carga total de calefacción de un equipo de acondicionamiento por aire caliente, está formada por dos elementos fundamentales:

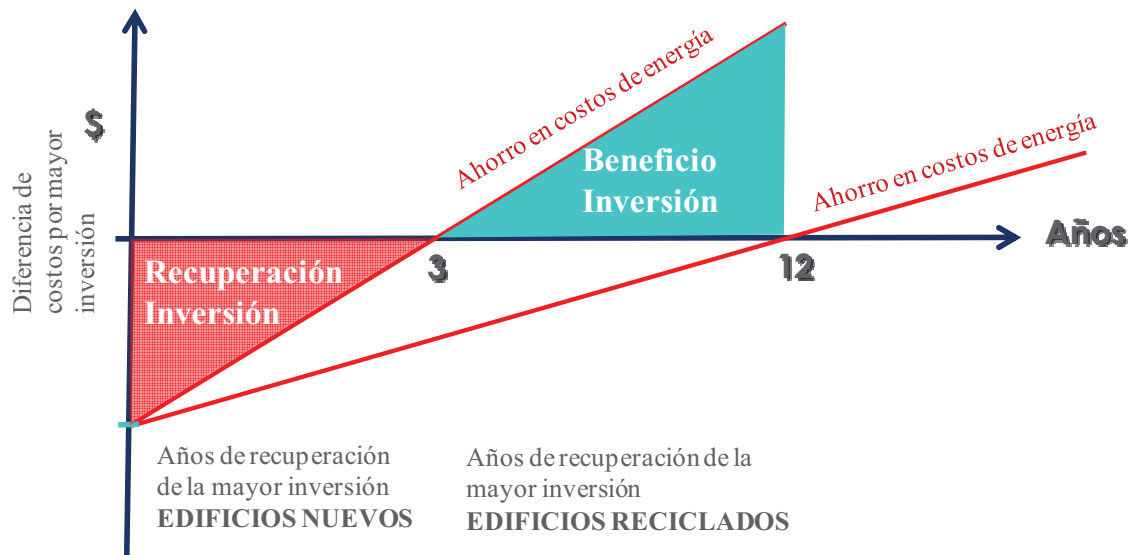
- 1) Calor necesario para compensar las pérdidas de calor del local que se originan por transmisión.
- 2) Calor necesario para compensar el aire frío exterior que penetra en forma permanente por el equipo, a fin de cumplir con los requisitos de ventilación.

Calor de transmisión: El cálculo sigue exactamente los mismos lineamientos que se han explicado al desarrollar las cargas térmicas para el ciclo invierno, de modo que se efectúa el análisis de transmisión considerando los distintos elementos que componen el contorno del local con las ecuaciones.

Calor por aire exterior o ventilación: Se calcula de la misma manera que para verano, o sea, se establece el caudal de aire de ventilación en función de la característica del local y como porcentaje del aire de circulación por el sistema de aire acondicionado. Debe verificarse que éste no sea inferior a los requisitos mínimos de ventilación.

PARTE III

EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ANÁLISIS DE INVERSIONES



**“LA TIERRA NO ES UNA HERENCIA DE NUESTROS PADRES, SINO
UN PRÉSTAMO DE NUESTROS HIJOS”**

Antiguo Refrán Indio

CAPITULO XIV

PAUTAS DE EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

XIV.1 INTRODUCCIÓN

Un sistema de acondicionamiento térmico debe ser sustentable técnicamente, desde la etapa de proyecto hasta el desmantelamiento del mismo y permitir un nuevo desarrollo adaptable a las tecnologías de mayor eficiencia. Básicamente en la etapa de proyecto e instalación, debemos hacer uso de energías rentables económicamente además contar con equipos y fluidos portadores tecnológicamente eficientes durante el ciclo de vida, en lo posible el uso de energías alternativas. Durante la etapa de servicio debemos contar con una correcta operación y mantenimiento del sistema.

Las posibilidades de mejorar la eficiencia de una instalación de climatización están dadas mayormente en la etapa de proyecto, siendo menor durante la construcción o en las ya existentes. Lo expuesto va directamente concatenado con la eficiencia del edificio, dado que ambos conforman un conjunto indivisible. La eficiencia de esa demanda de energía depende, a su vez, del rendimiento de todos y cada uno de los componentes de la instalación y aprovechamiento en forma sustentable de las energías que intervienen.

El diseño general de la instalación debe ser eficiente y a través del mantenimiento, la permanencia en el tiempo de las prestaciones y el rendimiento de todos sus componentes, las condiciones de eficiencia y uso racional deben mantenerse durante el ciclo de vida prevista.

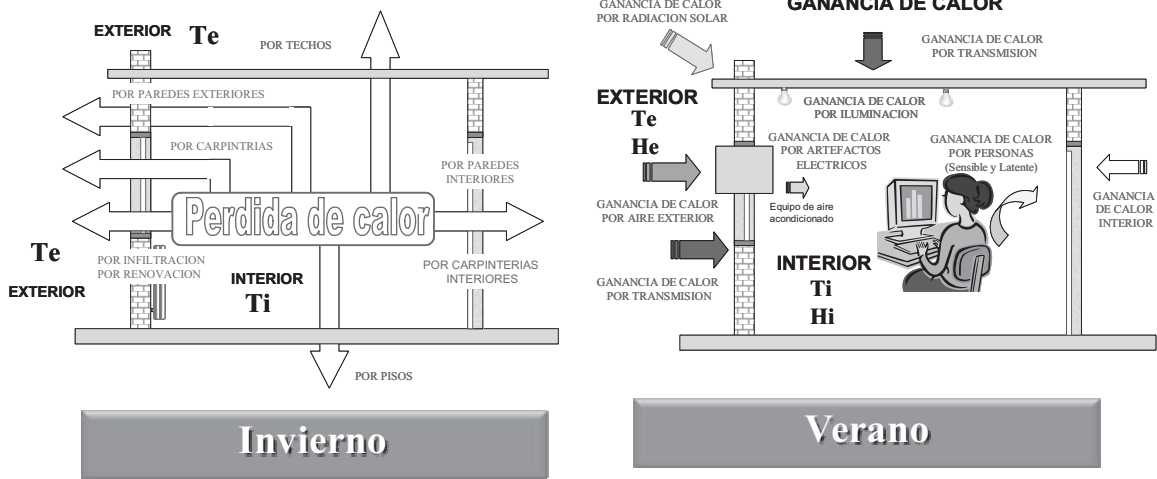
Básicamente debemos considerar la:

- ☐ **Influencia de las cargas térmicas**
- ☐ **Eficiencia de equipos de aire acondicionado**
- ☐ **Tecnologías aplicadas para mejorar la eficiencia energética**

“El proyectista del sistema de aire acondicionado condiciona tecnológicamente su futuro”

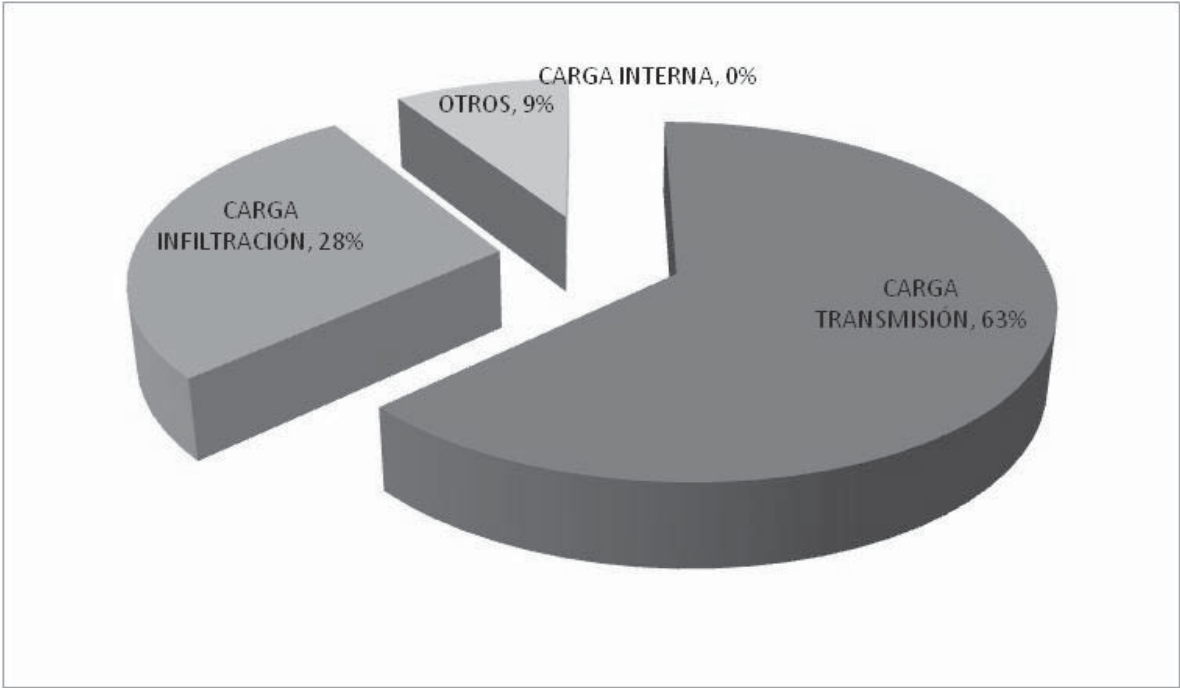
XIV.2 INFLUENCIA DE LAS CARGAS TÉRMICAS

Durante el invierno se producen pérdidas de calor, despreciándose las posibles ganancias internas, personas, artefactos eléctricos, etc., en cambio en verano tenemos ganancias de calor, en ambos casos debemos tratar de reducirlas a fin de mejorar las condiciones de diseño del sistema de acondicionamiento térmico.



Si tomamos una vivienda en el periodo invernal la composición de la carga de calefacción estará compuesta por:

| | |
|------------------------|-----------------|
| Carga Interna | No se considera |
| Carga por transmisión | 63 % |
| Carga por infiltración | 28 % |
| Otros | 9 % |



Si hiciéramos el análisis de un edificio en torre vidriado cuyo destino son oficinas tendríamos que la carga térmica estaría dada por:

| | |
|---------------------|------|
| Carga Solar | 41 % |
| Carga Transmisión | 16 % |
| Carga ofimática | 11 % |
| Carga iluminación | 15 % |
| Carga ocupantes | 8 % |
| Carga Aire exterior | 9 % |

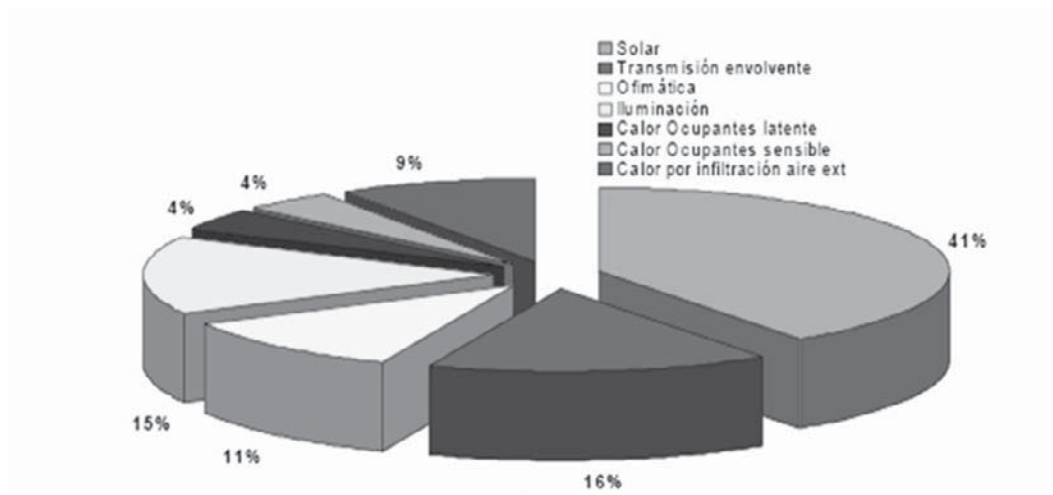


Gráfico – Participación porcentual de los aportes de calor en un Edificio vidriado tipo torre

Es clara en ambos casos para reducir las cargas térmicas, la importancia que tiene la envolvente del edificio, en cuanto a la aislación y hermeticidad, además la relevancia de contar con protecciones pasivas solares en el periodo veraniego.

XIV.3 EFICIENCIA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Los sistemas de aire acondicionado podemos dividirlos básicamente en:

- ☐ Sistemas de expansión directa
 - Individuales
 - Centrales
 - Mixtos
- ☐ Sistemas de expansión indirecta
 - Mixtos

Una de las formas de comparar equipos es basarnos en coeficientes que determinan la eficiencia de los mismos.

El Coeficiente de Performance de un equipo de Aire Acondicionado, (**COP**), es uno de ellos. Es un número adimensional y está dado por la relación entre el calor cedido en el condensador, Watts, y el trabajo o potencia eléctrica entregada en el compresor, Watts. En otras palabras, a mayor COP, mejor eficiencia de energía.

$$\text{COP} = \frac{\text{Potencia de refrigeración entregada al ambiente (Watts)}}{\text{Potencia consumida por el equipo (Watts)}}$$

$$\text{COP} = Q_{\text{cond}}/W = Q_{\text{evap}}/w + 1$$

El coeficiente Energy Efficiency Ratio, (ERR). Es un número adimensional y está dado por la relación entre el calor absorbido, en el evaporador y el trabajo o potencia eléctrica, entregada en el compresor. Es el cociente de la potencia térmica removida del ambiente entre la potencia eléctrica consumida por el equipo

La potencia térmica se mide en Btu/h y la eléctrica en watts resultando el EER en la razón de energía térmica removida contra la energía eléctrica consumida (Btu/W-h)

El EER mínimo lo establece una norma de eficiencia energética y el valor depende de las capacidades de los equipos de aire acondicionado.

$COP_H = 1 + COP_R$ Valor del efecto neto de calentamiento en W_t / el valor de potencia eléctrica de entrada en W_e

EER (BTU/W-H). Basta multiplicar el REE por 3.412

EER =

Potencia de refrigeración
entregada al ambiente (BTU)

Potencia consumida
por el equipo (Watts)

Indicación de consumo energético anual

En base a un modelo estándar, este consumo anual se calcula multiplicando la capacidad total por un promedio de tiempo de funcionamiento de 500 horas por año en el modo Refrigeración y con la capacidad total de carga.

Capacidad de Refrigeración

La capacidad de Refrigeración se define como la capacidad, en Watts, de un electrodoméstico de enfriar funcionando en el modo Refrigeración y con la capacidad total de carga.

Capacidad de Calefacción

La capacidad de Calefacción se define como la capacidad, en Watts, de un electrodoméstico de calentar funcionando en el modo Calefacción y con la capacidad total de carga.

Es necesario disponer de suficiente información que nos oriente en la selección de los equipos con mayor eficiencia. Para los acondicionadores de aire pequeños, los que tienen una potencia de refrigeración de hasta 12 Kw, identificándose perfectamente aquellos equipos de la máxima eficiencia que están catalogados con la clase A.

Modo Calefacción

Acondicionador de aire Dividido

| Clase de eficiencia energética | Condición |
|--------------------------------|-----------------------------|
| A | $3,60 \angle COP$ |
| B | $3,60 \geq COP \angle 3,40$ |
| C | $3,40 \geq COP \angle 3,20$ |
| D | $3,20 \geq COP \angle 2,80$ |
| E | $2,80 \geq COP \angle 2,60$ |
| F | $2,60 \geq COP \angle 2,40$ |
| G | $2,40 \geq COP$ |

Acondicionador de aire Compacto

| Clase de eficiencia energética | Condición |
|--------------------------------|-----------------------------|
| A | $3,40 \angle COP$ |
| B | $3,40 \geq COP \angle 3,20$ |
| C | $3,20 \geq COP \angle 3,00$ |
| D | $3,00 \geq COP \angle 2,60$ |
| E | $2,60 \geq COP \angle 2,40$ |
| F | $2,40 \geq COP \angle 2,20$ |
| G | $2,20 \geq COP$ |

Modo Refrigeración

Acondicionador de aire Dividido

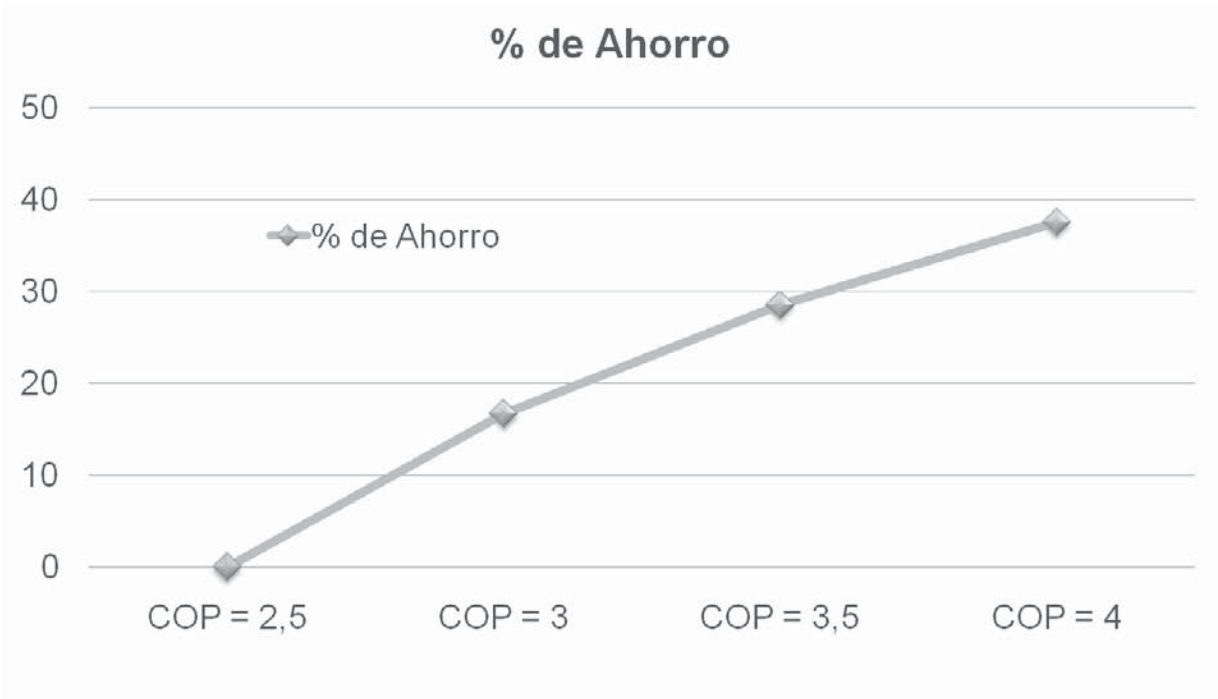
| Clase de eficiencia energética | Condición |
|--------------------------------|-----------------|
| A | 3,20 IEE |
| B | 3,20 ≥ IEE 3,00 |
| C | 3,00 ≥ IEE 2,80 |
| D | 2,80 ≥ IEE 2,60 |
| E | 2,60 ≥ IEE 2,40 |
| F | 2,40 ≥ IEE 2,20 |
| G | 2,20 ≥ IEE |

Acondicionador de aire Compacto

| Clase de eficiencia energética | Condición |
|--------------------------------|-----------------|
| A | 3,00 IEE |
| B | 3,00 ≥ IEE 2,80 |
| C | 2,80 ≥ IEE 2,60 |
| D | 2,60 ≥ IEE 2,40 |
| E | 2,40 ≥ IEE 2,20 |
| F | 2,20 ≥ IEE 2,00 |
| G | 2,00 ≥ IEE |

Ahorro generado - Eficiencia de los equipos

Es claro que a mayor coeficiente contamos con mayor eficiencia energética del equipo.



El mercado nos ofrece distintas alternativas de equipos para dar solución a un proyecto.

- Sistemas Multisplit Inverter
- COP = 3.8 a 4.04



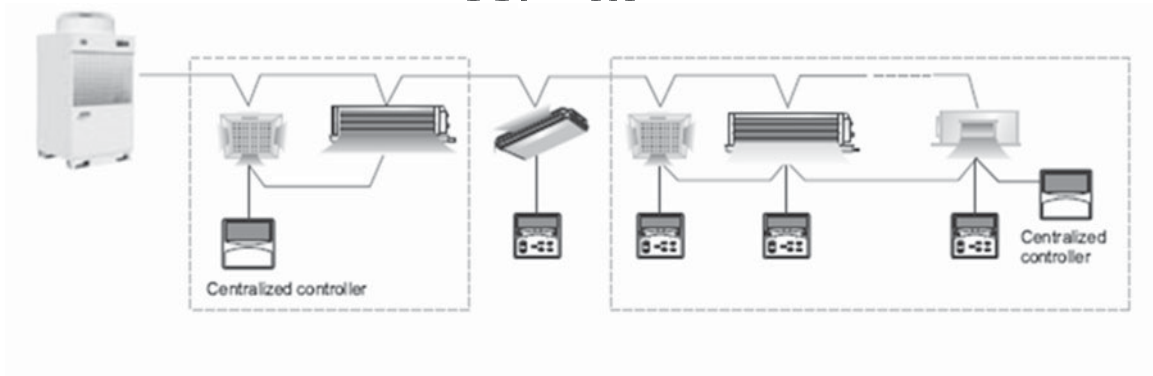
- Sistemas Rooftop
- COP = 3.2



- Sistemas Rooftop
- COP = 3.08

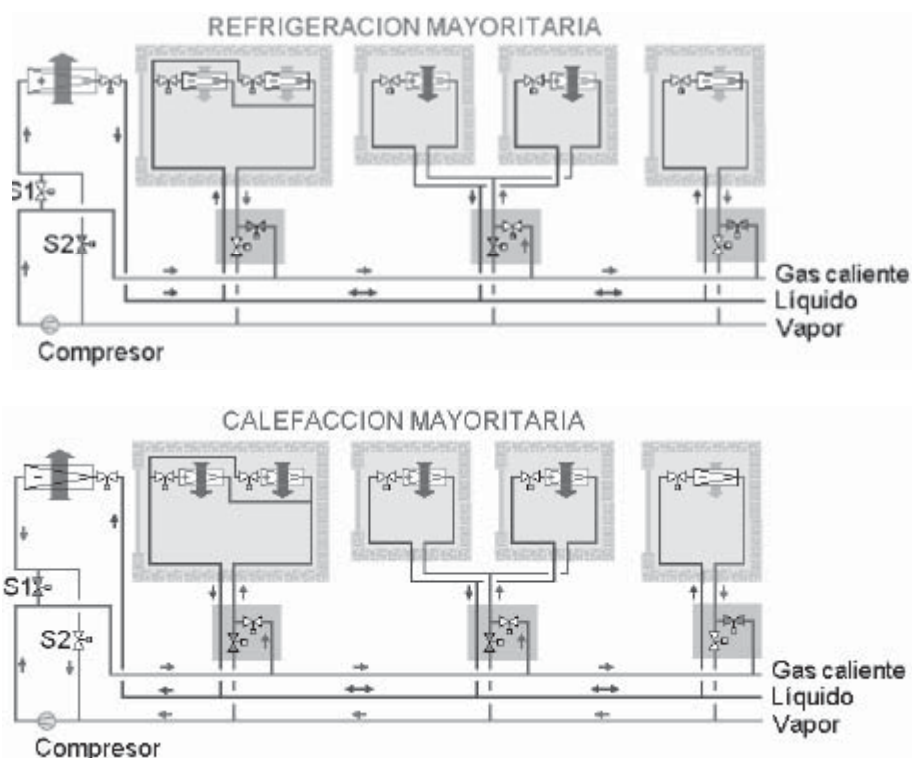


- Sistema Caudal de Refrigerante Variable
- COP = 3.5

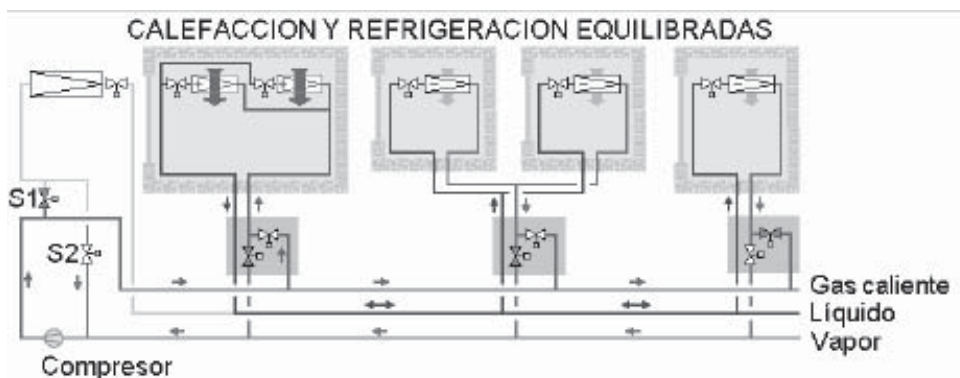


En un sistema VRV podemos mejorar muchísimo la eficiencia térmica, siempre cuando lo permita el proyecto.

El sistema alcanza mayor eficiencia en el modo de calefacción mayoritaria debido a que actúa como una bomba de calor.



El sistema permite suministrar calefacción a algunos locales y refrigeración a otros, y si nos es posible proyectarlo en estas condiciones, por intercambio de cargas térmicas en el refrigerante circulante podremos reducir sustancialmente el funcionamiento de la unidad condensadora, con el consiguiente ahorro energético.



Hoy los sistemas centralizados no resultan una opción adecuada para los nuevos edificios, dado por las características de estos no se contempla la adecuada distribución del aire en los espacios a cargas parciales y no se tiene en cuenta las variaciones existentes en las distintas zonificaciones.

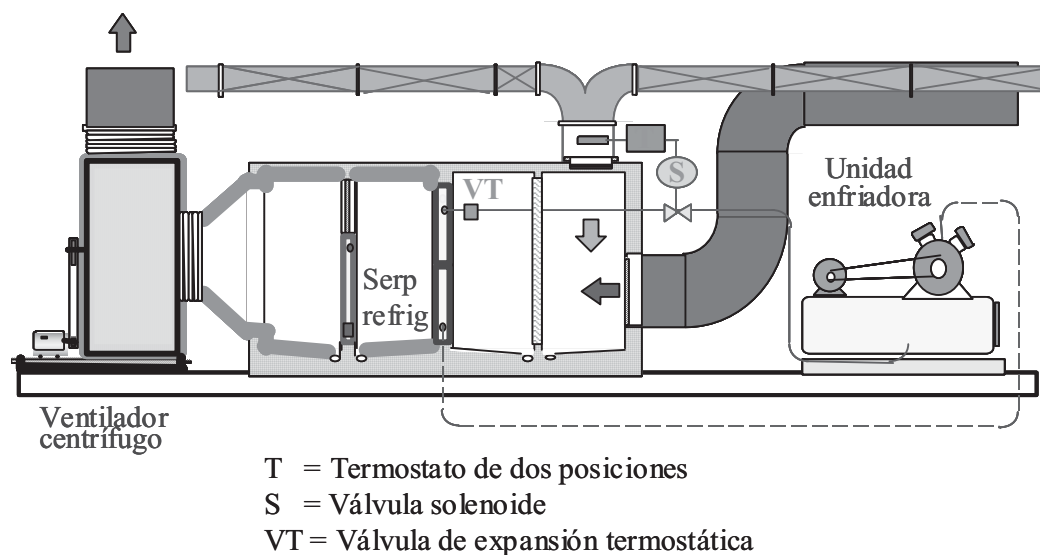
Además en los sistemas centralizados existentes no prevalecía el concepto de eficiencia energética, dado que el aire si bien es necesario para la adecuada distribución en los locales, se empleaba baja automatización, equipos mecánicos de baja eficiencia y la distribución se hacía

generalmente en redes extensas y a baja velocidad en el transporte del fluido calotransportador, trayendo aparejado un mayor requerimiento de energía.

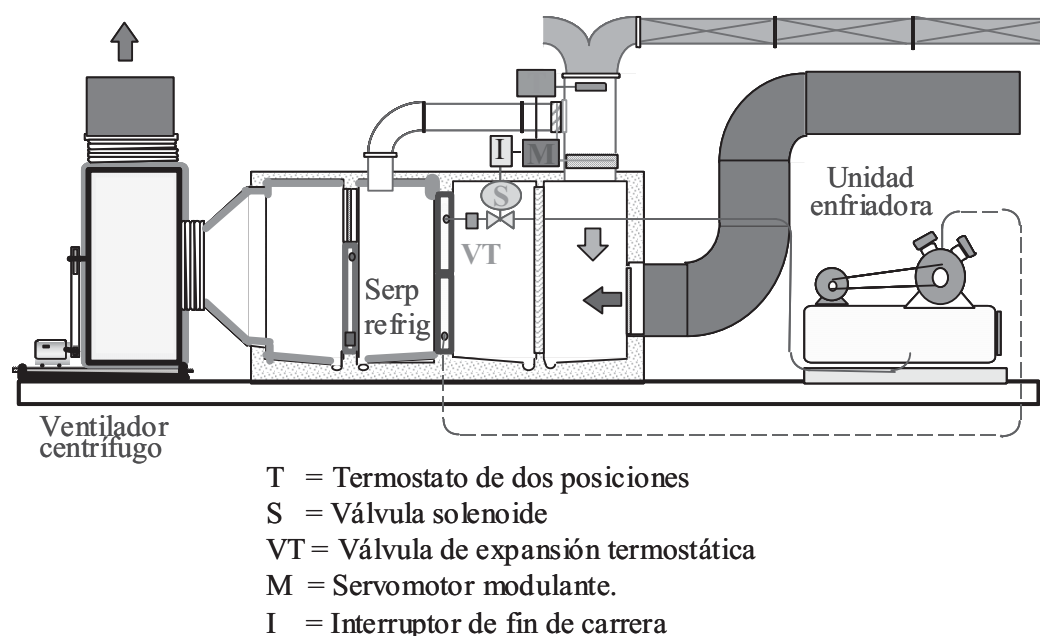
Por ello, hoy la tecnología ha orientado hacia el desarrollo de proyectos de sistemas del tipo distribuido donde las unidades de tratamiento del aire están cercanas o en el mismo local a servir, con objeto de lograr la máxima eficiencia y ahorro energético, supervisados mediante sistemas automatización. Con sistemas de control inteligentes de control y mantenimiento de las unidades de aire acondicionado.

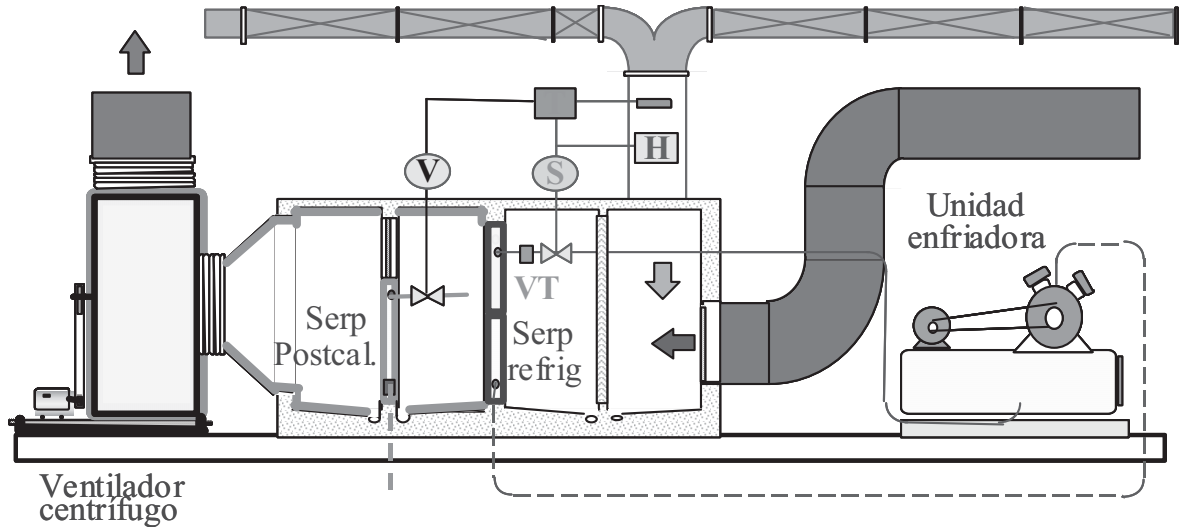
Un sistema central a volumen constante existente podemos acondicionarlo a fin de mejorar su eficiencia energética actuando sobre la regulación de la batería de expansión, by paseando el aire de recirculación o agregando una serpentina de poscalentamiento, de acuerdo con los ajustes de requerimiento de los locales. Debemos poner especial atención en la compatibilidad de la tecnología a incorporar.

Instalación con regulación de la batería de refrigeración de expansión directa



Instalación de expansión directa con by-pass del aire de recirculación



Instalación de expansión directa con postcalentamiento.

T = Termostato de dos posiciones

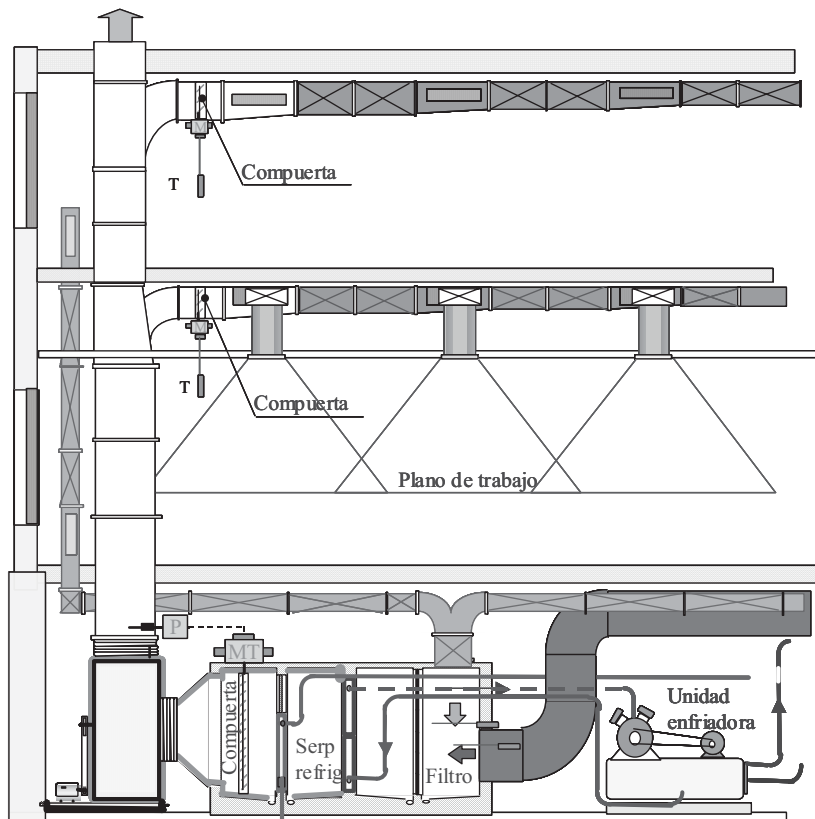
S = Válvula solenoide

VT = Válvula de expansión termostática

H = Humidistato

V = Válvula modulante.

También podemos transformar el sistema de volumen constante a uno variable, en este caso además de analizar las distintas tecnologías a emplear, debemos verificar el aire de ventilación y de sobrepresión que requiere cada uno de los locales a tratar.



- MT = Servomotor que acciona la Compuerta del caudal del aire de impulsión total
 M = Servomotor que acciona la Compuerta del caudal del aire de impulsión de la rama
 P = Presóstato
 T = Termostato ambiente

XIV.4 TECNOLOGÍAS APLICADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existen numerosas tecnologías y medios de aplicación para mejorar la eficiencia energética, por lo que se deben analizar las características particularidades de cada caso, de modo de aplicar estas tecnologías en el diseño y la selección de los sistemas de acondicionamiento térmico, que permitan obtener menores gastos en la fase de explotación y mantenimiento.

- a) **TECNOLOGÍA SOLAR**
- b) **BOMBA DE CALOR**
- c) **RECUPERADORES DE CALOR**
- d) **FREE - COOLING**
- e) **COGENERACIÓN**
- f) **INVERTER**
- g) **ALMACENAMIENTO TÉRMICO**
- h) **ENFRIAMIENTO NATURAL**
- i) **CONTROL CENTRALIZADO**

a) TECNOLOGÍA SOLAR

Los problemas actuales de suministro de energía, y la necesidad de proteger al medio ambiente, hacen necesario plantear la mejora de los métodos tradicionales de consumo de energía. La energía solar, tan abundante en nuestro país, produce importantes ahorros a particulares o a grandes consumidores de agua caliente, y al mismo tiempo contribuye al confort y a una buena calidad ambiental, con la ventaja de requerir tecnología sencilla.

El consumo energético con fines de acondicionamiento ambiental de edificios es uno de los rubros importantes en los países desarrollados.

Las dificultades a vencer para extender su uso, son dos: el que la radiación solar sea baja y por lo tanto la superficie de colección resulta en general el factor económico de mayor peso, y la intermitencia de su disponibilidad que hace necesario el uso de acumuladores de consumo para satisfacer una demanda continua.

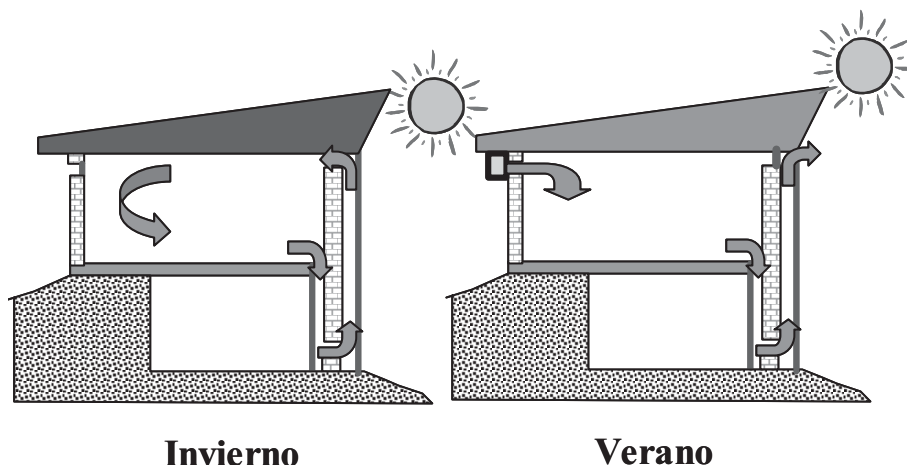
Los aspectos tecnológicos según se refieran a los sistemas mecánicos para el aprovechamiento de la energía solar o a los diseños especiales de los edificios para lograr acondicionamiento independientemente de los sistemas mecánicos serán activos y pasivos.

□ **Sistemas pasivos:** Hacia 1956 Félix Trombe abre el campo de los sistemas pasivos con su pared colectora, luego perfeccionada como pared Anvar- Trombe -Michel. La misma permite un uso calefactor en invierno, y un uso refrigerador en verano.

Su funcionamiento se basa en el sistema de invernadero, recubriendo el muro de una vivienda ubicado al Norte con una lámina de vidrio y pintando la cara del muro de negro. La radiación atraviesa el vidrio siendo absorbida por la cara exterior del muro, calentándolo. El espacio colector permite la, termocirculación permanente de aire.

En invierno, al circular aire por, convección caliente, la masa del muro y este por radiación, los ambientes. Aberturas practicadas en la parte superior e inferior del muro generan un circuito cerrado recalentando el aire de las habitaciones. En verano, el espacio colector sirve de

aspirador. El aire es expulsado al exterior por una abertura superior, creando una depresión en los ambientes que succiona aire fresco por aberturas practicadas en la pared opuesta, (orientada al sur).



Este sencillo ejemplo, constituye la punta de lanza, para la futura concepción de sistemas pasivos, y fue la de utilizar exclusivamente el diseño de la construcción para lograr acondicionamiento.

Aceptado que la tecnología del acondicionamiento ambiental tiene verdadera importancia para conformar espacios arquitectónicos y que el uso de la energía solar puede cambiar mucho dicha tecnología, es claro que el diseño de edificios, y también el urbano, podrán sufrir grandes modificaciones.

Por lo común se acepta como obvio, que primero se proyecta un edificio y luego se calculan y diseñan las instalaciones y las aislaciones que pueden resolver todos los problemas de su acondicionamiento ambiental. Con este criterio erróneo, han surgido grandes edificios en el país, y por ende con gran costo de funcionamiento.

Es por ello que en todo diseño que se pretenda hacer uso de energía solar, deberá ponerse especial cuidado en lograr las condiciones más favorables en la envolvente, en su construcción y su forma. Las plantas de forma compactas serán más favorables que las abiertas, para conservar el calor o el frío, la fácil comunicación entre locales favorecerá el lograr situaciones de equilibrio térmico, etc. No menor importancia tiene la posición, forma, tamaño y materiales de las aberturas de ventanas y puertas, en función de la orientación y vientos. Evaluar las funciones de las aberturas, paso, iluminación, ventilación en forma precisa y así como sus elementos de cierre.

De los muchos, casos de viviendas ejecutadas y donde han estado presentes criterios de sistemas pasivos se desprenden los siguientes principios:

a) Colección de la energía a través de grandes superficies vidriadas que resultan expuestas, en invierno y se protegen en verano por el lado exterior, con elementos que evitan la incidencia de la radiación sobre estos "colectores".

b) Acumulación del calor en la masa de la construcción. Los gruesos de adobe están fuertemente aislados por el lado exterior los pisos de ladrillo cerámicos se asientan sobre una capa de 60 cm de adobe, que está aislada en su parte inferior. Para incrementar el poder de acumulación de la estructura se adosan en partes expuestas a los rayos solares, bidones de agua embutidos en elementos de adobe.

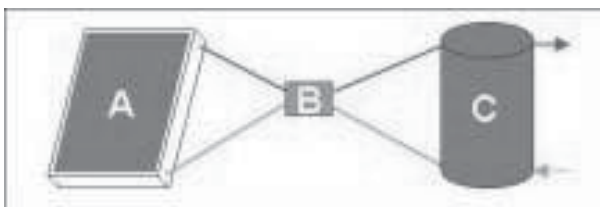
c) El uso de aislaciones móviles livianas que durante las noches de invierno cubren internamente las superficies vidriadas, conservando dentro de la vivienda el calor que se desprende de los muros y pisos. Estos elementos son accionados por mecanismos manuales de gran sencillez.

d) El aprovechamiento de la convección natural para producir en verano corrientes que permiten la entrada de aire exterior. La gran inercia térmica de los elementos de la construcción contribuye a este efecto, absorbiendo el calor del ambiente en verano.

La eliminación total de aparatos climatizados, ventiladores, etc., y por lo tanto del consumo de energía adicional, los únicos elementos que en invierno contribuyen a calefaccionar internamente son hogares a leña. Las zonas áridas del oeste y noroeste de la República Argentina, cuentan con el clima y materiales ideales para hacer posible todo lo anterior y con tecnologías sencillas.

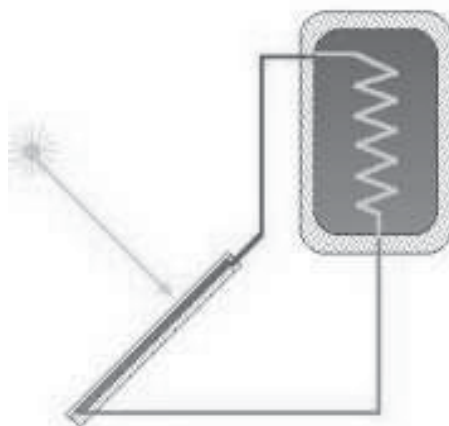
□ **Sistemas Activos:** En general, una instalación solar de calentamiento de agua se compone de tres partes:

- Un sistema de captación solar “A”, que transforma la radiación solar en calor.
- Un grupo de transferencia “B”, que asegura la circulación y la regulación.
- Una unidad de acumulación “C”.



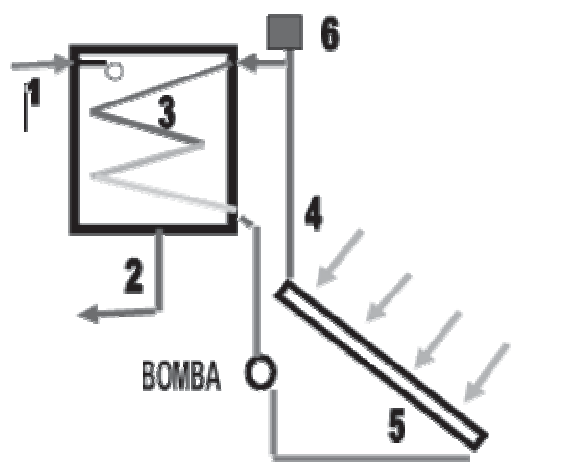
Un sistema solar puede funcionar “por termosifón”, sin grupo de transferencia, o circulación forzada con grupo de transferencia.

• **Circulación por termosifón:** En este tipo de instalaciones, el fluido caloportador se dilata al calentarse en los colectores solares y, al disminuir su densidad, sube naturalmente hacia el depósito, situado más arriba. Cuanta más radiación, más rápido circula, si cesa la radiación cesa la circulación de agua por el sistema. En general, los sistemas termosifón son más baratos ya que no necesitan ningún dispositivo de circulación o de control, a condición de que la acumulación se encuentre a mayor altura que el colector.



Sistema solar de funcionamiento por termosifón

• **Circulación forzada:** En estos, el acumulador podrá estar a nivel inferior al colector. Necesitará un temporizador de arranque y paradas, según el asoleamiento. La bomba debe arrancar cuando el nivel térmico del colector es más alto que el del agua del acumulador.



1. Entrada de agua fría a tanque
2. Salida agua caliente a consumo
3. Serpentina de intercambio
4. Salida de colector
5. Retorno al colector
6. Vaso de expansión

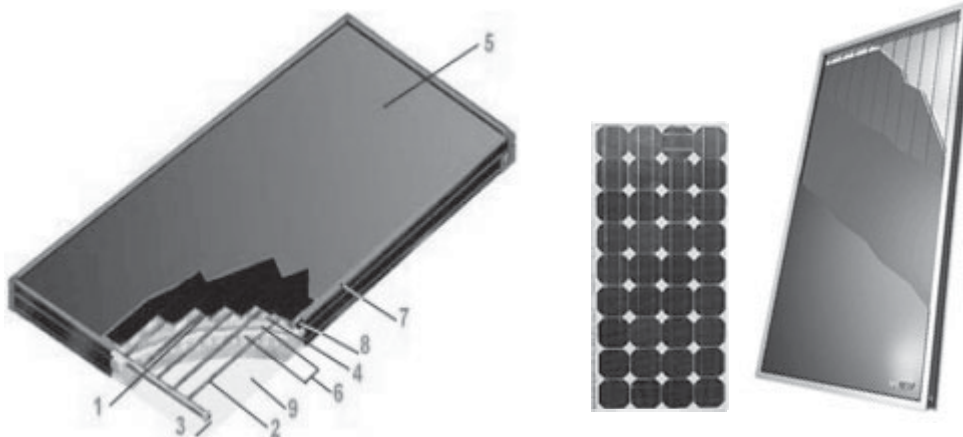
Sistema solar de funcionamiento por circulación forzada

1) Sistema de captación solar:

El sistema de captación solar que transforma la radiación solar en calor se los denomina Colector Solar o Panel Solar.

Colector Solar: Los colectores pueden clasificarse en tres categorías: colectores planos, colectores de vacío y colectores simplificados.

El Colector Solar plano, es el tipo de colector más empleado, está constituido por una caja exterior (7), aislada convenientemente para evitar pérdidas de calor (6), con una cobertura de policarbonato con tratamiento UV que permite el paso de la radiación solar (5), y sellada en forma estanco (8). Dentro de la caja se alojan los tubos de cobre que transportan el agua caliente (2).

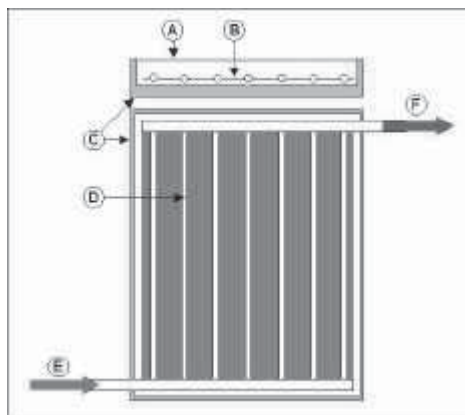
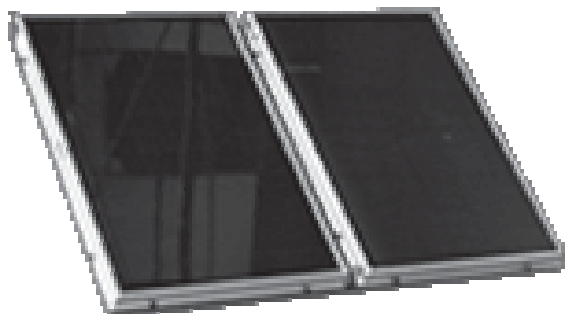


El principio de funcionamiento es sencillo. La luz del sol está compuesta por diversas longitudes de onda, las que a su vez transportan diferentes cantidades de energía. De todas estas, el Colector acumula las que se encuentran dentro del espectro denominado infrarrojo, que son las ondas que transportan energía solar transformable en calor.

La captación se lleva a cabo absorbiendo la radiación solar mediante un revestimiento negro. Luego la circulación de un fluido a través del medio de captación permite retirar ese calor. Si pasamos el fluido a un depósito, éste hará de almacenador hasta su utilización

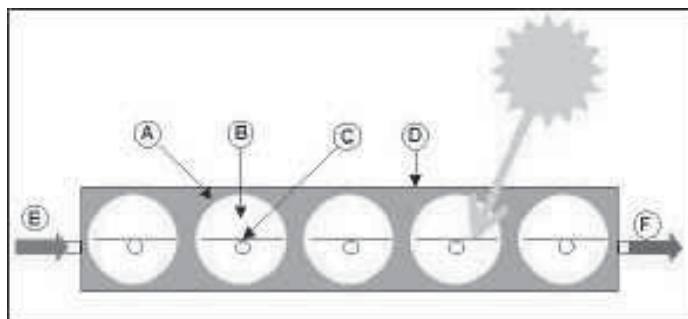
En el Colector Solar, el vidrio exterior permite el paso de las ondas infrarrojas, dentro de la cámara interna, cámara donde se alojan los tubos de agua, la energía es transferida a la placa colectora (1) que se calienta, incrementando la temperatura del agua que circula en los tubos de transporte.

Las ondas por el choque cambian su frecuencia, rebotando dentro de la cámara del Colector, generándose así el llamado "Efecto Invernadero".



La mayoría de los colectores planos del mercado permiten lograr incrementos de temperatura de hasta 343 °K (70 °C) por encima de la temperatura ambiente y por tanto, se adaptan perfectamente a la producción de agua caliente sanitaria.

- **El colector de vacío:**



El colector de vacío se compone de una serie de tubos de vidrio "A" en los que se ha hecho el vacío "B". En el interior de los tubos se encuentra el absorbente "C", con su circuito hidráulico "E" "F", encargado de captar la energía del sol y transferirla al fluido caloportador. Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas energéticas son muy reducidas y se pueden alcanzar temperaturas de más de 373 °K (100°C).

Este tipo de colector se utiliza en aplicaciones que requieren altas temperaturas. Se lo utiliza en máquinas por absorción en verano para refrigeración o a un dispositivo de calentamiento en invierno para calefacción

- **Los colectores simplificados:** Los colectores simplificados se componen generalmente de un absorbedor negro de material sintético sin carcasa ni cubierta transparente. Se adaptan bien a las necesidades de calentamiento de piscinas, ya que en estos casos se requiere sólo un pequeño aumento de temperatura respecto a la temperatura ambiente.

- **Rendimiento de los Colectores:** El rendimiento de los colectores solares surge como relación entre la energía extraída por el agua y la recibida por el colector. El mismo no es constante, sino depende de la temperatura del aire, velocidad de viento, intensidad de radiación y temperatura del agua. Para potenciarlo habrá que actuar sobre las formas de ganancia de energía: transmisión a través de la tapa, absorción por parte de la placa, transferencia de calor de la placa al agua, y reducir al mínimo posible la conducción de calor a través de la carcasa, las corrientes de convección sobre la placa y las pérdidas por radiación de la misma. Al tener en cuenta todos estos factores es que han surgido variantes en todas sus partes constitutivas. La lámina podrá ser de vidrio, el que transmite un 84 % de la energía recibida. También son usados los plásticos (PVC, PRFV) aunque presentan deterioro con el tiempo por la incidencia de rayos ultravioletas. Otras veces se usa una doble placa de vidrio para reducir la pérdida de la misma, quedando reducida su transmitancia en el orden del 70 %. Por lo tanto su ventaja estará en casos en que haya pérdidas altas, y esto se da cuando el agua debe calentarse a más de 308 °K encima de la ambiente. La placa absorbente es metálica y con acabado negro mate, absorbiendo de 80 a 98 %.

Para obtener una buena transferencia al agua, la placa será de metal, muy buen conductor del calor y teniendo el mayor contacto entre el agua y el circuito. En este punto es en donde más difieren los distintos tipos de colectores.

- **Ubicación:** Se los instala generalmente en la superficie exterior techada, orientados para recibir la mayor radiación solar directa diaria y montados adecuadamente, proveen tanto agua caliente para calefacción (losa radiante, radiadores), refrigeración (ciclo absorción, bomba de calor), como también agua caliente para uso diario, baños, cocina, lavarropas, etc. también para calentar el suministro de agua de complejos deportivos, piscinas, etc..

Pueden estar ubicados sobre techos planos ó inclinados. Sin obstáculos que produzcan sombras, especialmente entre las 10 y las 17 hs. en verano ó invierno.

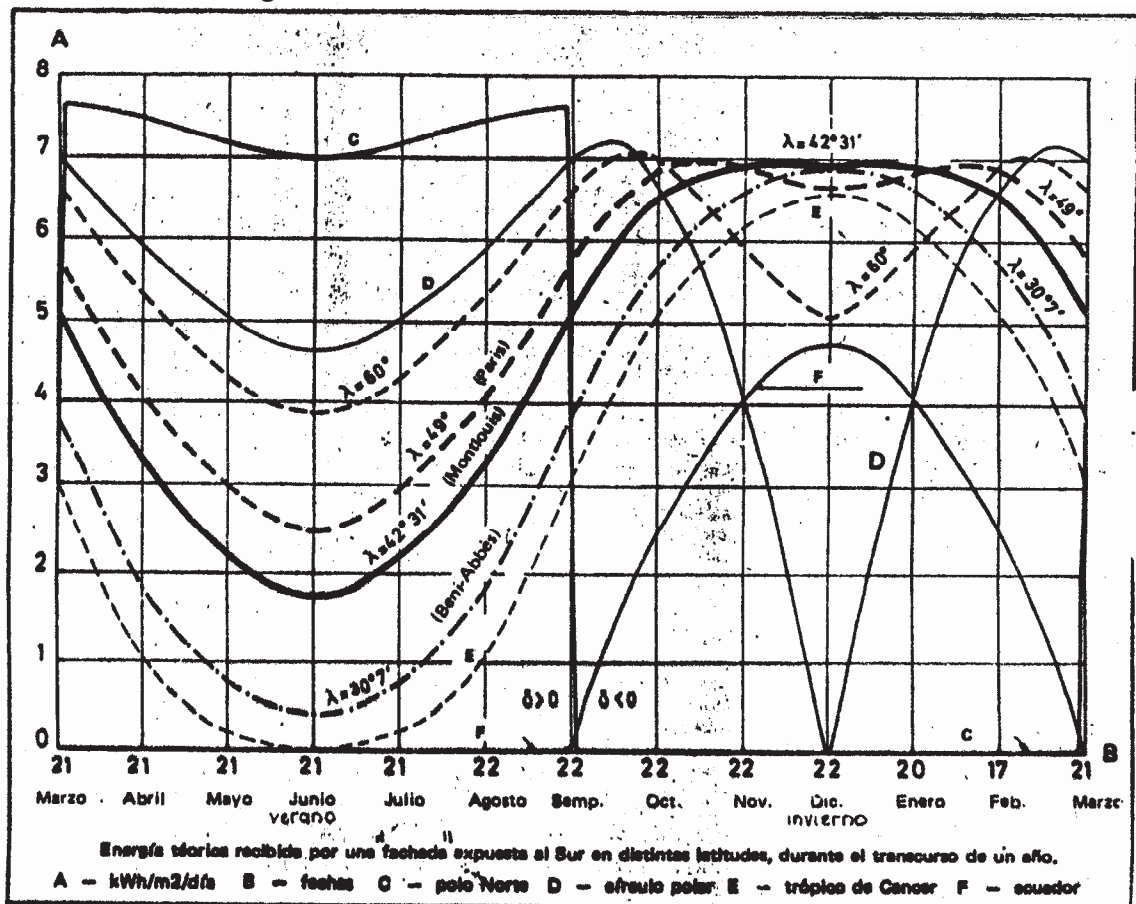


□ **Orientación:** Por ultimo debemos elegir en el sitio de ubicación, su orientación y ángulo de inclinación.

Su orientación (Para el hemisferio sur), preferible será la Norte, con un margen de 30° al este u oeste para los que la diferencia de captación es despreciable.

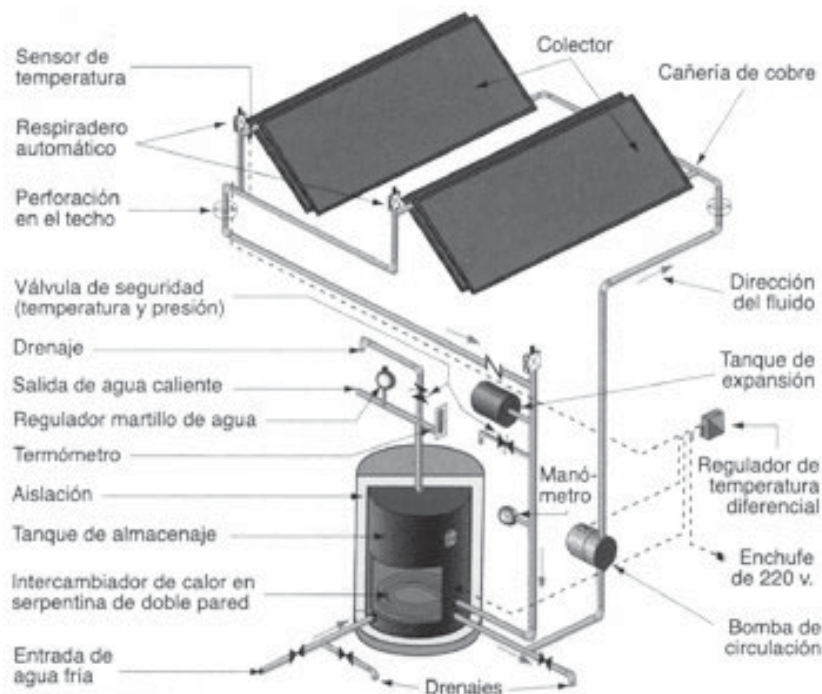
Su inclinación respecto a la horizontal dependerá de la inclinación de los rayos solares (Latitud), pudiendo tomarse como óptima, la que resulte agregar 10 o 15 grados a la latitud del lugar, en zonas de buen asoleamiento. En zonas nubosas y que por lo tanto gran parte de la energía se debe a la radiación difusa a través de las nubes, la inclinación ha de ser menor siendo 0 grado, panel horizontal, para optimizar dicha circunstancia.

En casos que proyectemos captación solar con fines de calefacción de locales, debemos buscar su inclinación, pensando en la inclinación de los rayos solares en invierno, consultando los mapas de asoleamiento del lugar, la radiación media anual y las horas de sol efectivo al año. En zonas geográficas ubicadas a más de 40 grados de latitud Sur o Norte, donde los rayos solares se horizontalizan hacia los polos cada vez más, reviste importancia, conocer su incidencia sobre planos verticales. A tal efecto el laboratorio de Energía Solar del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Francia, demuestra que el aporte de energía solar para un amplio intervalo de latitudes es grandísimo en invierno.



2) Grupo de transferencia:

El grupo de transferencia reúne todos los elementos necesarios para transferir la energía térmica de los colectores a la unidad de almacenamiento en las mejores condiciones. Se compone de una bomba para hacer circular el fluido caloportador y de un sistema de regulación para poner en marcha la bomba cuando las condiciones son favorables.



3) Unidad de almacenamiento:

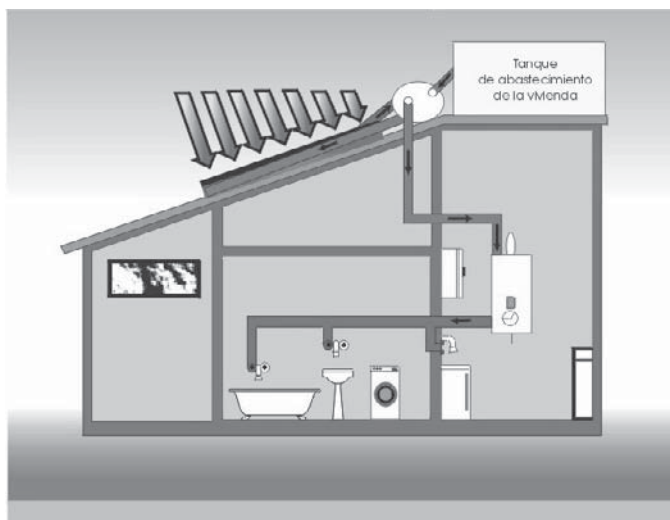
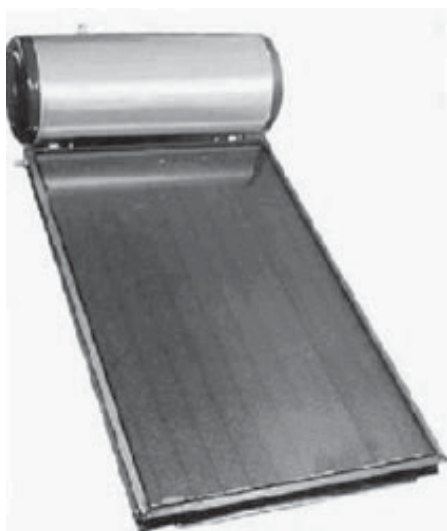
Para equilibrar, el efecto de las variaciones climáticas e intermitencia de la energía solar, debemos contar con un medio de acumulación de calor. En la ambientación habitacional las temperaturas son bajas, contando con dos métodos físicos a tal fin. El primero consiste en aumentar la temperatura del material acumulador. Los volúmenes de material necesario son del orden de varios metros cúbicos, por tanto es importante que tenga calor específico elevado, económico, estable y no tóxico. El agua es ideal si el fluido del colector es líquido.

Un depósito de acumulación bien aislado mantiene el agua caliente hasta el momento de su utilización.

El intercambio de calor se realiza a través de una serpentina, cobre, dentro del cual circula el líquido transmisor, desde el colector, y en contacto con el agua del tanque de almacenaje. Como el líquido que circula está con más temperatura que el agua del tanque, se produce la transferencia de ese calor a través de las paredes de la serpentina. Es un circuito cerrado.

**Detalle Acumulador****Vista Superior Acumulador**

El acumulador puede estar incorporado al colector. Reduciéndose el tiempo de montaje.



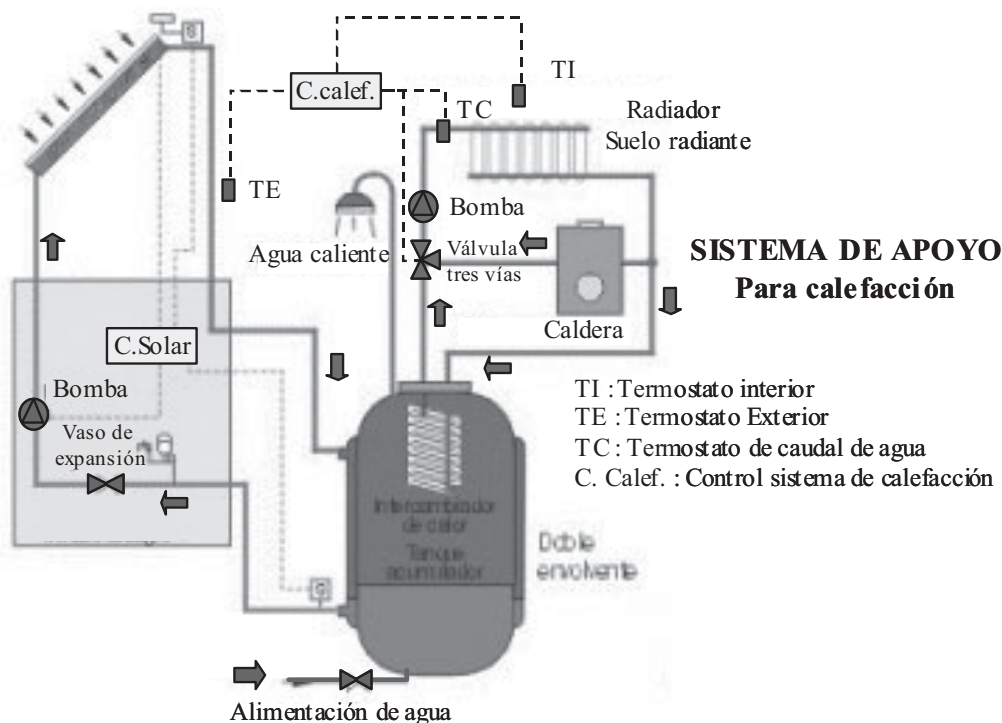
En cambio si se calienta aire, es la piedra, apilando pequeñas piedras, el espacio vacío entre ellas es del orden del 40%, por el que puede circular aire caliente, calentando las piedras y acumulando calor allí. Si las piedras utilizadas son de composición especial, ej. Magnetita, se logran volúmenes similares a los de agua.

El otro método consiste en el aprovechamiento del calor que se absorbe en un cambio de fase de algunos materiales. Por ejemplo, cuando una sal como el sulfato de sodio no hidratado se calienta, llega a una temperatura $305,6\text{ }^{\circ}\text{K}$ en la que se produce un cambio de fase, y forma sulfato de sodio no hidratado eliminando agua. En este cambio se absorbe cierta cantidad de calor, el que así queda acumulado. Cuando la temperatura baja, inversamente el sulfato anhidro se hidrata y el calor se desprende nuevamente. Con respecto al método anterior a este, se acumula una cantidad bastante mayor de calor a igualdad de volúmenes.

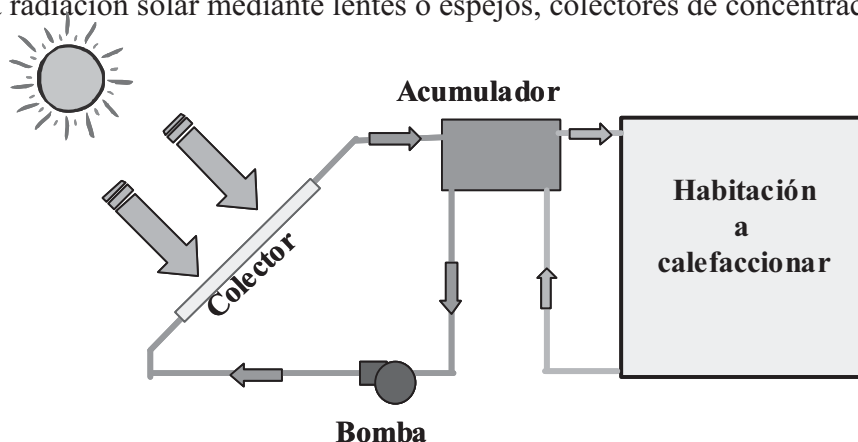
En el caso de acondicionamiento durante el verano, los acumuladores deben trabajar a bajas temperaturas. Sí es menor de $273\text{ }^{\circ}\text{K}$, en cambio de fase agua-hielo resuelve el problema. A temperaturas mayores, hay sales que tienen cambio de fase a $293\text{ }^{\circ}\text{K}$, o parafinas que pasan al estado líquido a $288\text{ }^{\circ}\text{K}$.

4) Aplicaciones de la energía solar en instalaciones de acondicionamiento del aire:

□ **Sistema de apoyo:** Un sistema solar no puede suministrar toda el agua caliente en momentos de baja insolación y fuerte consumo, cuando se requiere confort en un local. Por eso, es necesario que la instalación solar se complemente con una fuente de energía convencional de apoyo (gas, gasóleo, electricidad, etc.). Es recomendable separar el sistema de apoyo de la instalación solar, de modo que la energía convencional sólo se utilice para elevar la temperatura del agua a la salida de la acumulación solar.



□ **Calefacción:** La insolación media anual sobre una superficie horizontal varía según la zona entre 100 y 200 kcal/cm², en la República Argentina, valores aceptables para utilizar sistemas activos de calefacción mediante superficies de colección, sobre los techos. Además como las temperaturas necesarias para calefacción son bajas y del orden de los 344 °K estas son fácilmente obtenibles con colectores planos en los cuales no hay necesidad de concentrar la radiación solar mediante lentes o espejos, colectores de concentración.



El fluido circulante podrá ser agua o aire, más barato. Para obtener agua caliente para uso sanitario en viviendas, se suele utilizar circulación por termosifón. Para calefacción integral de

una vivienda el tamaño del tanque acumulador de líquido hace difícil su ubicación elevada, por lo tanto se recurre a circulación forzada, por bomba centrífuga, además que el termosifón se dificulta en colectores grandes. Cuando se circula aire, la convección natural no se utiliza, salvo casos de sistemas pasivos, se utilizan ventiladores centrífugos similares a los de acondicionamiento de aire.

La conveniencia del uso del agua surge pues son necesarios pequeños volúmenes. A pesar de ello hay circunstancias que hacen que el aire como fluido resulte también ventajoso según los casos, el aire es el fluido natural utilizado para realizar el intercambio térmico en los locales a calefaccionar, evitando los radiadores como elemento intermediario, no presente problemas de congelamiento, y en zonas áridas, la escasez de agua puede ser factor determinante.

Los rendimientos hasta, ahora obtenidos oscilan entre el 40 y el 70 %.

El agua caliente acumulada en la unidad de almacenamiento, es distribuida por una red de cañerías a los equipos terminales de calefacción.

Se aplica en todos los casos un sistema de apoyo que suele ser una caldera auxiliar, generalmente a gas natural o eléctrica con el fin de suministrar la cantidad de calor necesaria en los períodos en que no se cuente con una adecuada captación solar.

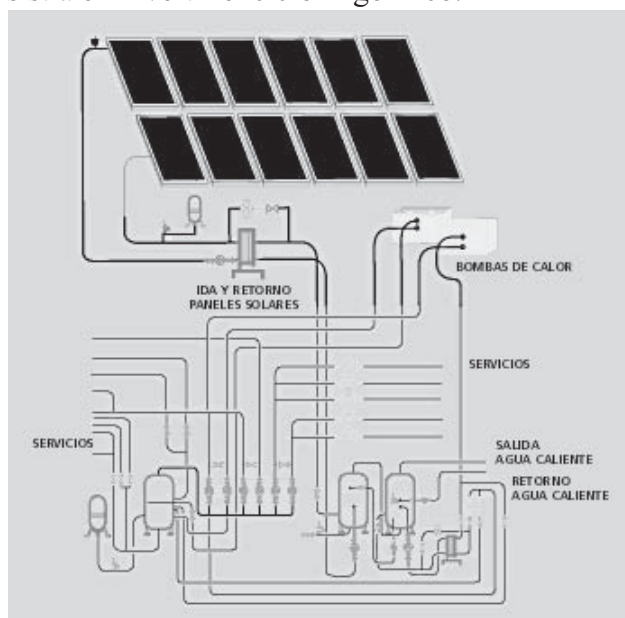
El sistema de calefacción elegido es de la misma característica que los sistemas ya descriptos. Puede ser panel radiante, (losa radiante, panel de piso), radiadores, fan-coil individual, unidad de tratamiento para distribución de aire caliente, etc.

Se observa que un termostato actúa sobre el circuito de circulación de agua a través de los captadores solares y otro opera sobre el circuito del agua del panel de piso, en función de la temperatura del aire del local.

Todas estas funciones son centralizadas en un panel de regulación automática.

La bomba se pone en marcha cada vez que las condiciones exteriores permiten la captación solar, generalmente cuando la temperatura del colector solar supera en aproximadamente los 277 °K (4 °C) a la del acumulador, también podría actuar sobre la válvula de paso de gas de un quemador de gas.

Recordemos que los equipos individuales y los compactos de pocas toneladas de refrigeración usaban por lo general el sistema de “bomba de calor” para suministrar calefacción en invierno. El mismo consistía en invertir el ciclo frigorífico.



Calefacción solar con bomba de calor.

Mediante un sistema de colectores solares se calienta agua que se acumula en un tanque perfectamente aislado y diseñado con la capacidad necesaria para suministrar calor durante las

horas de la noche y en aquellos casos que no se dispone de energía solar, como en el caso de días muy nublados.

Esa agua caliente es enviada al equipo de refrigeración con objeto de evaporar el refrigerante, el cual al condensarse luego, transfiere el calor al aire que se distribuye a los ambientes del edificio.

Cálculo de las instalaciones de captación para calefacción solar:

La superficie de los colectores solares para calefacción, está en función de la cantidad de calor de pérdida de los locales, de acuerdo al balance térmico correspondiente.

Cada tipo de Colector tiene un rendimiento diferente, (70 a 85 % de la energía recibida). Para un precálculo adoptar 1m^2 de colector cada 100 lts de agua a acumular.

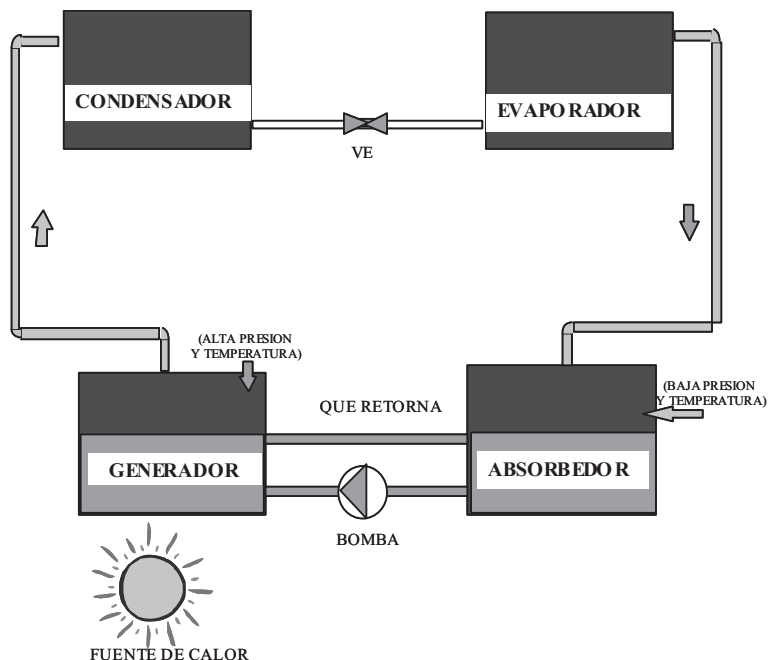
Puede estimarse que para una vivienda, la superficie de colectores en la ciudad de Buenos Aires puede llegar aproximadamente al 40 % de la superficie cubierta de la casa.

Es conveniente adoptar la caldera auxiliar para la capacidad total horaria de la instalación, a fin de evitar problemas en caso de un déficit de varios días en la captación de energía solar.

□ **Enfriamiento:** Un particular atractivo es el que la mayor demanda ocurre en verano, coincidente con niveles de insolación máximos. No obstante los sistemas para producir temperaturas bajas requieren de tecnología más sofisticadas.

En primer término obtenemos los equipos que utilizan el ciclo de absorción para lograr refrigeración. El fluido que circula en el esquema de la figura, es una solución de un compuesto A (agua), en otro B (Bromuro de litio). La solución es calentada en el "generador" por la fuente de calor, en nuestro caso solar. Se produce la evaporación de A que se separa de la solución y pasa al condensador como vapor. Allí se enfría por contacto con el aire ambiente o agua, retornando al estado líquido. Luego pasa a una zona de baja presión, al evaporador, el descenso de presión produce nuevamente la evaporación, extrayéndose el calor necesario para ello de la zona a enfriar.

Es este efecto que produce el descenso de temperatura del espacio a enfriar por debajo de la temperatura ambiente.



Logrado el efecto, el compuesto A es absorbido por el B en el absorbedor, formando la solución inicial, la que retorna, al generador, con la presión elevada a su valor inicial por la

acción de una bomba mecánico. La proporción de éstas con relación a los ciclos de refrigeración convencionales, es pequeña.

El ciclo agua - bromuro de litio, es factible de realizar con temperaturas del orden de los 373 °K las que son obtenibles con colectores planos, sin necesidad de concentradores.

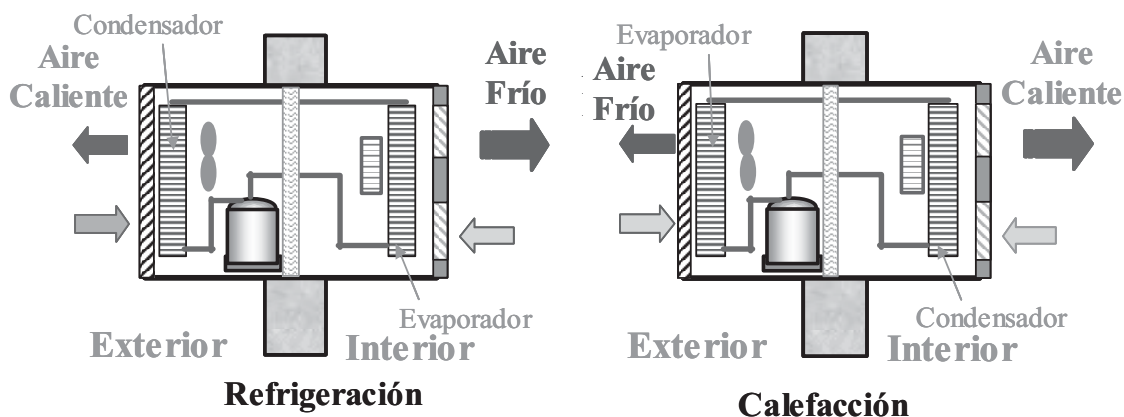
Además existe la posibilidad de que los ciclos funcionen en forma intermitente, eliminando la necesidad de energía mecánica, hecho importante, si se pretende usar en zonas aisladas. El ciclo se realiza en dos etapas separadas en el tiempo. Uno de los recipientes actúa sucesivamente como generador y absorbedor, mientras que el otro como condensador y evaporador. El ciclo tiocianato-amoniaco, es el apropiado, con su primer etapa de día, y la segunda sin necesidad de energía por la noche.

En segundo término aunque sin utilizar en forma directa de energía solar, pero si combinarse con ella, es utilizar en enfriamiento que produce en una masa de aire cuando en ella se evapora agua, produciendo dicha evaporación con absorción de calor. Será aplicable solo si el aire externo tiene bajo contenido de humedad.

En tercer término, cabe la posibilidad de generación de energía mecánica a partir de energía solar, y su posterior utilización en un generador convencional de frío. Los prototipos puestos en marcha utilizan turbinas o compresores con vapor de freón, producido por colectores planos a baja temperatura.

b) BOMBA DE CALOR

Un sistema de refrigeración actúa extrayendo el calor interior en verano de una fuente de baja temperatura y lo elimina al exterior a una de alta temperatura. Si invirtiéramos físicamente el ciclo de refrigeración de esta manera de extraemos calor de una fuente externa fría como por ejemplo el aire exterior en invierno, para entregarlo a una fuente interna más caliente como puede ser el aire del local en esa época del año. A esa forma de calentamiento se lo conoce como bomba de calor.



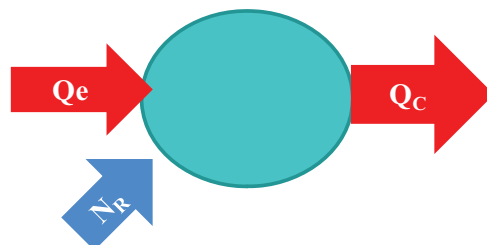
Inversión de la bomba de calor en verano e invierno

La eficiencia de la bomba de calor para invierno es mayor que para verano, dado que se agrega el calor disipado por el compresor en el ciclo frigorífico como efecto útil.

N_R = Potencia eléctrica que consume el compresor

Q_C = Potencia calórica que cede el Condensador

Q_e = Potencia calórica que absorbe el Evaporador



Principio de conservación de la energía

$Q_e + N_R = Q_C$

$COP = Q_C / N_R$ entre 2 a 3

Por cada 1 Kwatt Energía eléctrica tenemos de 2 a 3 Kcal de calor

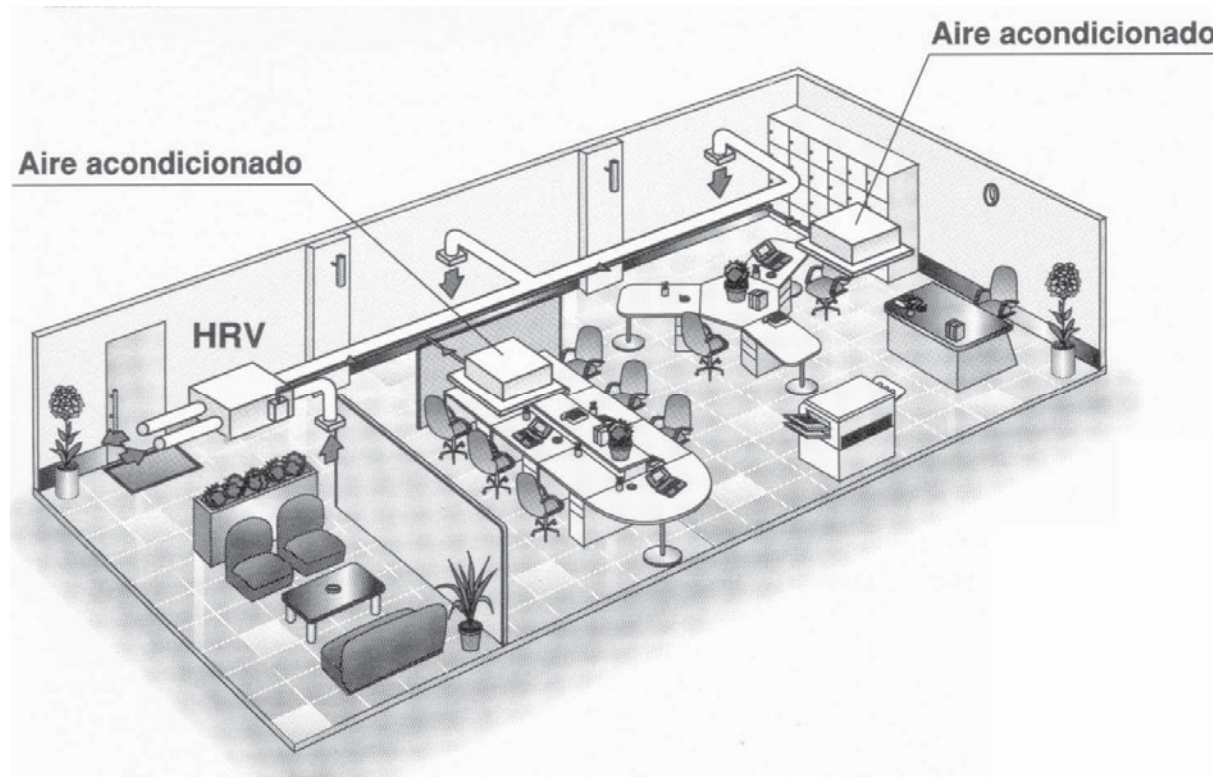
| Tipo de aparato | Refrigeración | | Calefacción | |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Potencia frigorífica (W) | Potencia eléctrica (W) | Potencia calorífica (W) | Potencia eléctrica (W) |
| Acondicionador portátil | 1.600 - 3.800 | 700 - 1.700 | 2.500 - 3.500 | 1.000 - 1.300 |
| Acondicionador ventana | 2.000 - 7.000 | 900 - 3.000 | - | - |
| Consola | 2.000 - 7.000 | 900 - 3.000 | - | - |
| Partidos | 2.300 - 7.500 | 1.000 - 3.000 | 2.500 - 8.000 | 1.000 - 2.900 |
| Compacto individual | 7.000 - 17.000 | 3.000 - 7.000 | 7.500 - 18.000 | 3.000 - 6.500 |
| Partido individual | 7.000 - 17.000 | 3.000 - 7.000 | 7.500 - 18.000 | 3.000 - 6.500 |

Cuenta con algunas desventajas como el bajo rendimiento a bajas temperaturas exteriores con posibilidad de bloqueo, se produce un uso continuo del compresor con el consiguiente desgaste.

c) RECUPERADORES DE CALOR

Recuperador de calor de Placas: Durante el año hay períodos en que el aire exterior es energéticamente favorable tanto en verano con temperaturas menores que las requeridas en el interior de los locales acondicionados, como en invierno con temperaturas mayores que las requeridas en el interior de los locales acondicionados. El caudal de aire nuevo a introducir es similar al que se extrae y elimina contaminado al exterior, la recuperación de ese calor o frío de los locales para transferirlo al aire nuevo a incorporar, es un método que permite reducir la carga de ventilación.

Para el caso del sistema VRV a fin de cumplimentar los requerimientos de ventilación se debe utilizar un sistema de ventilación complementario, la propuesta en general de los distintos fabricantes es utilizar un sistema de recuperación de calor.



El empleo de recuperadores de calor en instalaciones de climatización permite utilizar el calor sensible y latente residual del propio proceso de acondicionamiento, consiguiendo así:

- Reducir la capacidad de los equipamientos, costos de inversión.
- Reducir el consumo de energía de funcionamiento, costos de explotación.

Los recuperadores pueden clasificarse en dos grupo básicos según su aplicación:

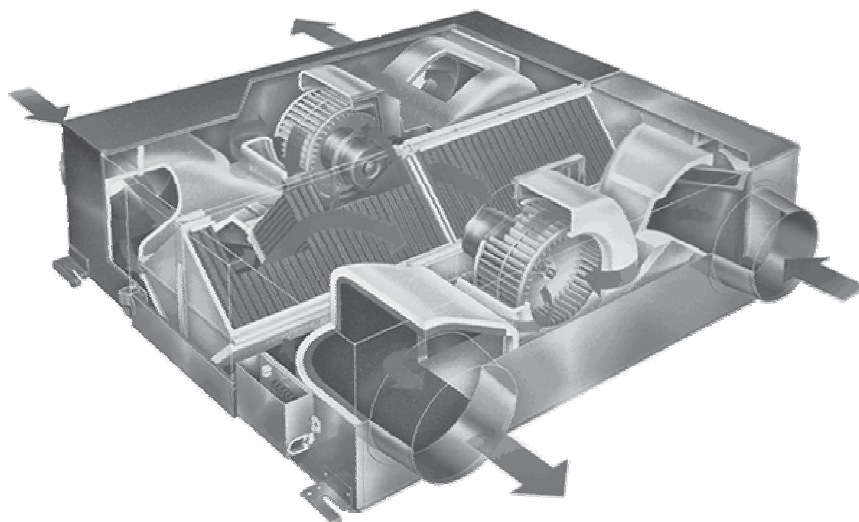
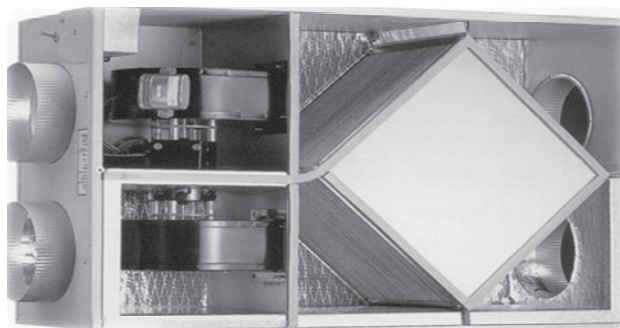
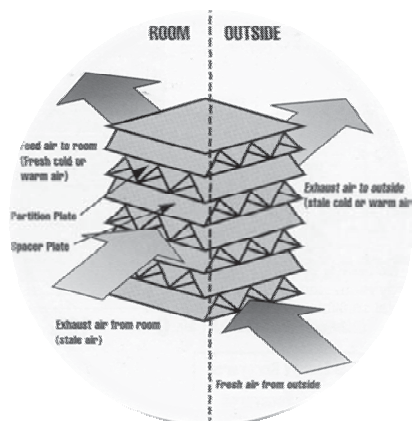
- ✓ Recuperadores sensibles
- ✓ Recuperadores entálpicos

En los recuperadores de calor sensible se produce solamente transferencia del calor en función de la diferencia de temperatura entre ambos flujos de aire. El recuperador aire- aire es el más común donde el intercambio de calor se produce a través de un conjunto de placas metálicas muy próximas y paralelas, al provocarse los flujos de aire cruzados que no llegan a mezclarse.

El rendimiento de los recuperadores sensibles puede llegar al 60%

Los recuperadores entálpicos aprovechan además del calor sensible, el calor latente contenido en la humedad del aire de extracción.

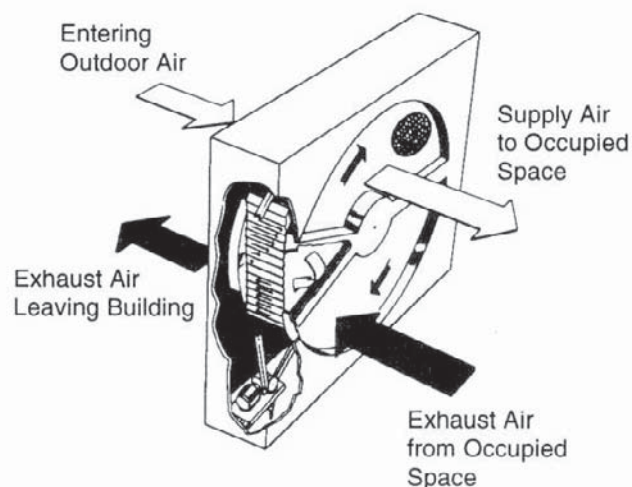
El intercambio se realiza a través de un conjunto placas de papel especial.



Recuperador Entálpico

Existen en el mercado también los llamados recuperadores rotativos, que están constituidos por un panel circular de cartón endurecido, plástico o aluminio, formando pequeñas celdillas recubiertas por una capa viscosa inorgánica e higroscópica.

Cada uno de los flujos de aire atraviesa un semicírculo cediéndole sus propiedades entálpicas



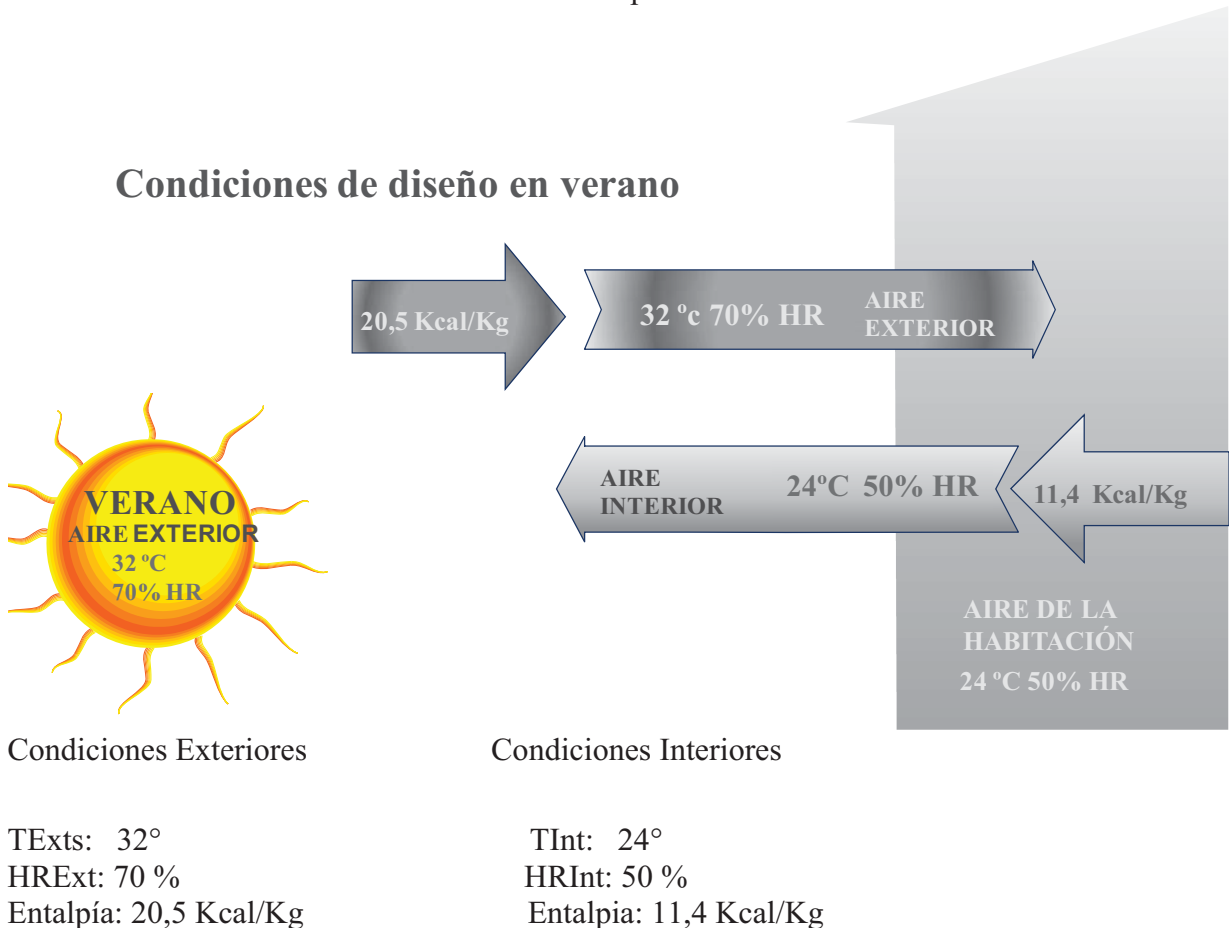
al panel, mientras éste gira de forma que la masa acumuladora permeable, capta calor del flujo de aire caliente y al girar lo cede al flujo de aire frío.

La eficiencia del recuperador varía con velocidad de rotación, la velocidad frontal del aire y la densidad del material que constituye el rotor. La velocidad de giro puede ser constante o variable mediante regulación electrónica, para optimizar la eficiencia del intercambio térmico.

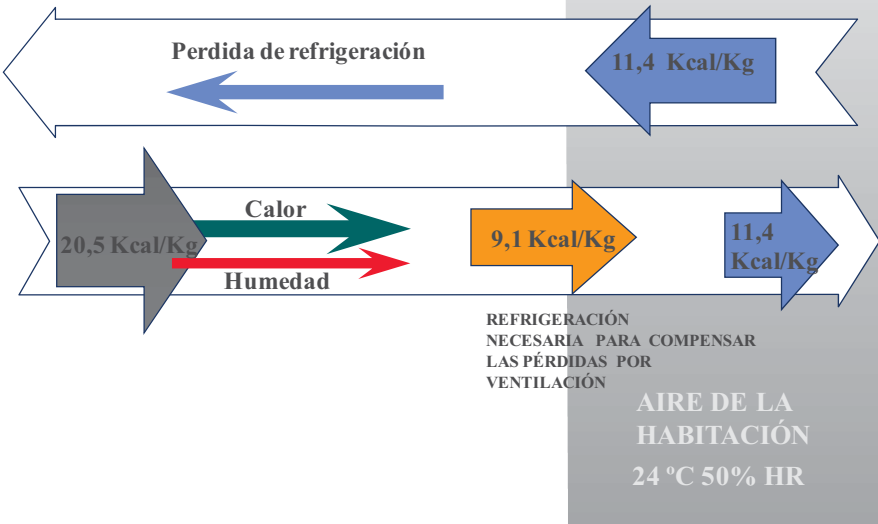
El rendimiento de estos recuperadores entálpicos puede llegar al 75%

Veamos en un ejemplo para el ciclo verano e invierno utilizando recuperadores de calor.

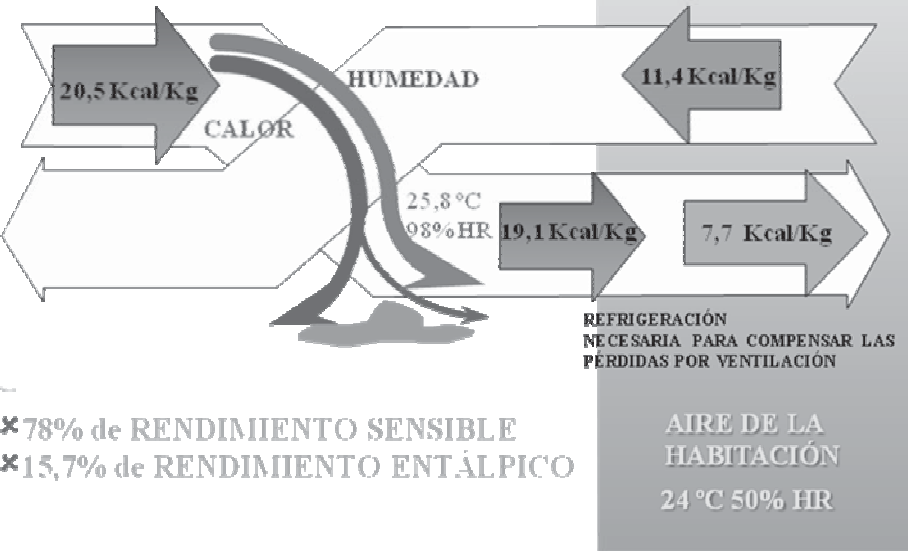
Analizaremos cuanto se reduce la carga por ventilación para ciertas condiciones de diseño por la utilización de un sistema de ventilación con recuperadores de calor.

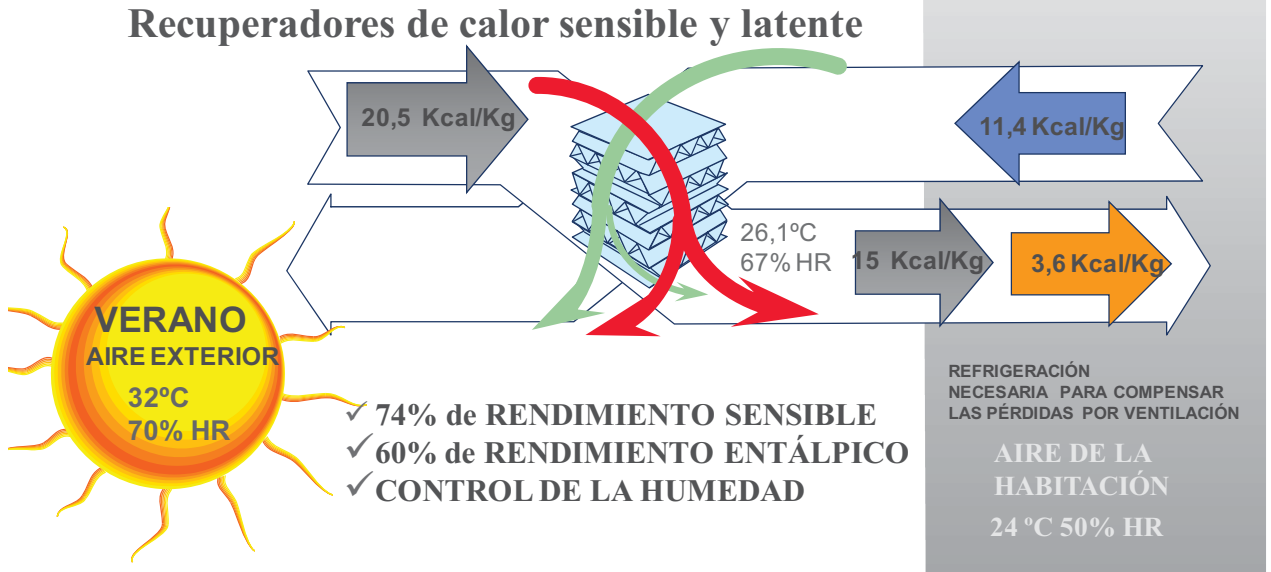


Ventilación convencional

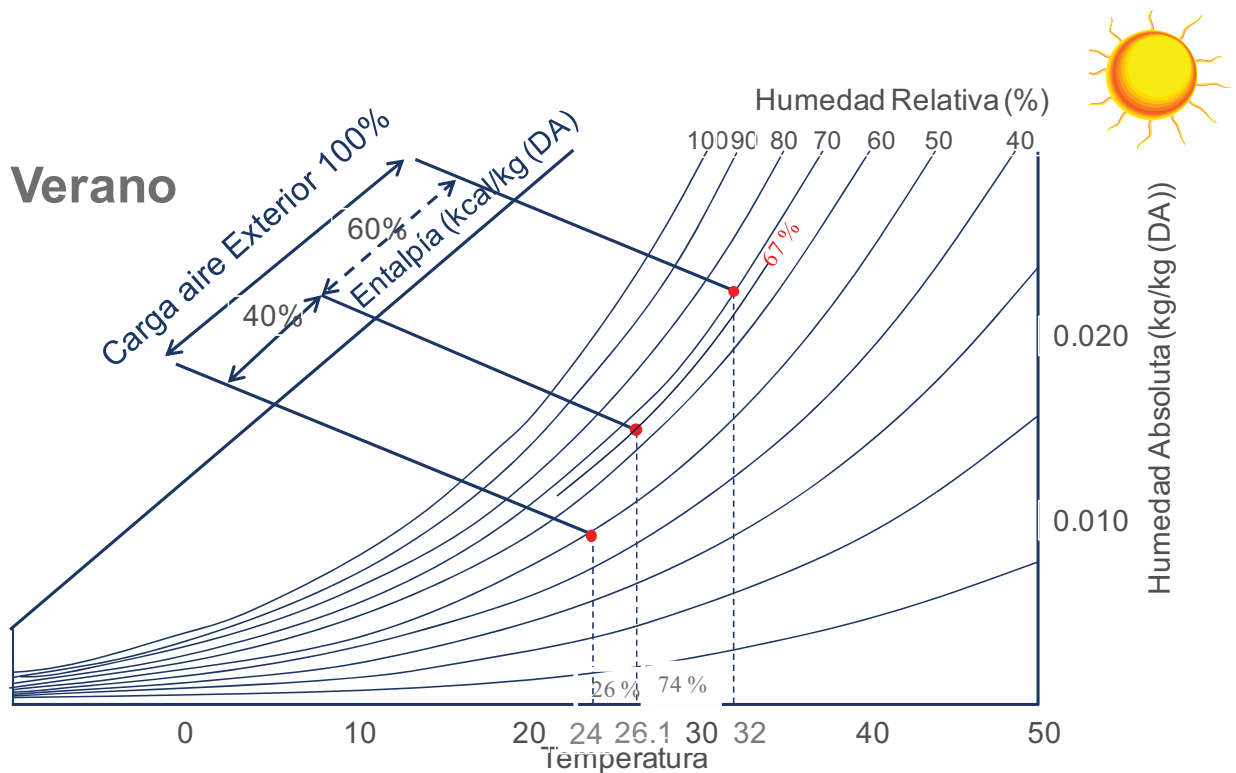


Recuperadores de calor sensible





Podemos realizar la representación en un diagrama psicrometrico.



Ventilación convencional

- ❑ 9,1 Kcal/ Kg de carga por ventilación

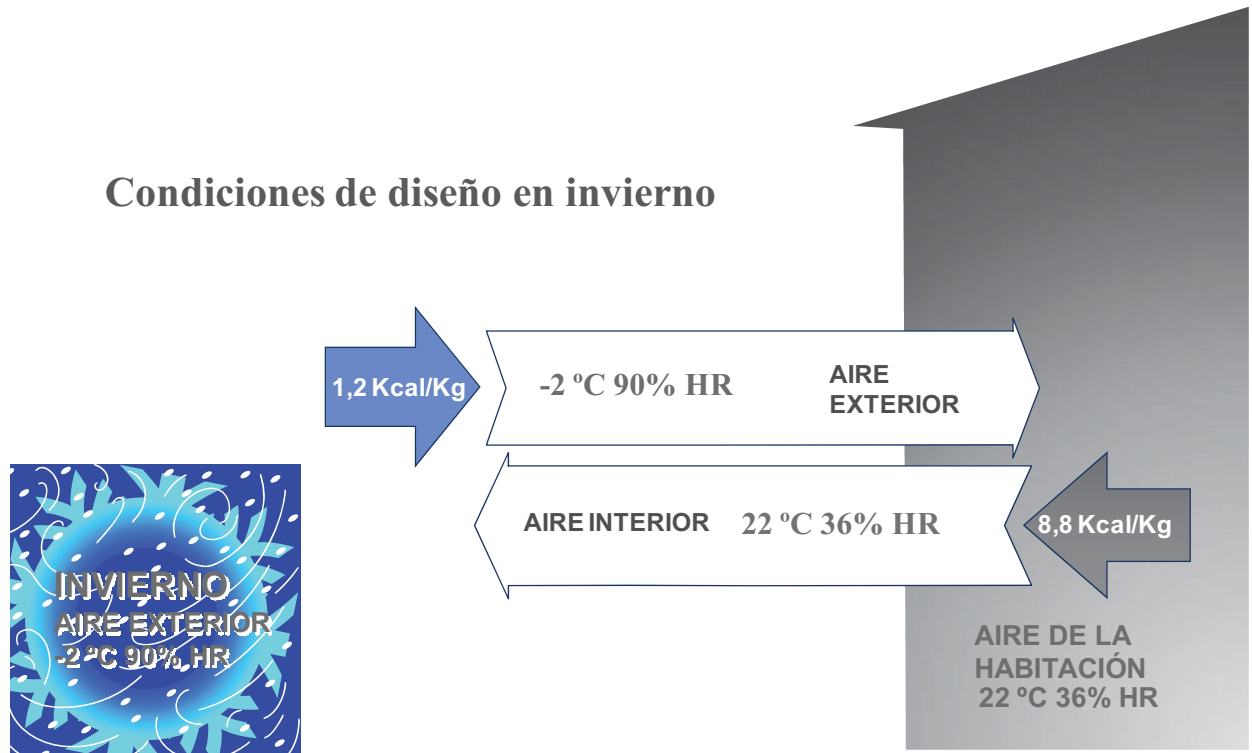
Recuperadores de Calor Sensible

- ❑ 15,7% de rendimiento entalpico

- ❑ 7,7 Kcal/Kg de carga de ventilación
 - Entrada de aire fresco muy húmedo
 - Problemas de condensación

Recuperadores de Calor Sensible y Latente

- ❑ 60 % de rendimiento entalpico
- ❑ 3,6 Kcal/Kg de carga de ventilación
 - Mayor ajuste entre el aire fresco y el aire interior
 - Sin problemas de condensación

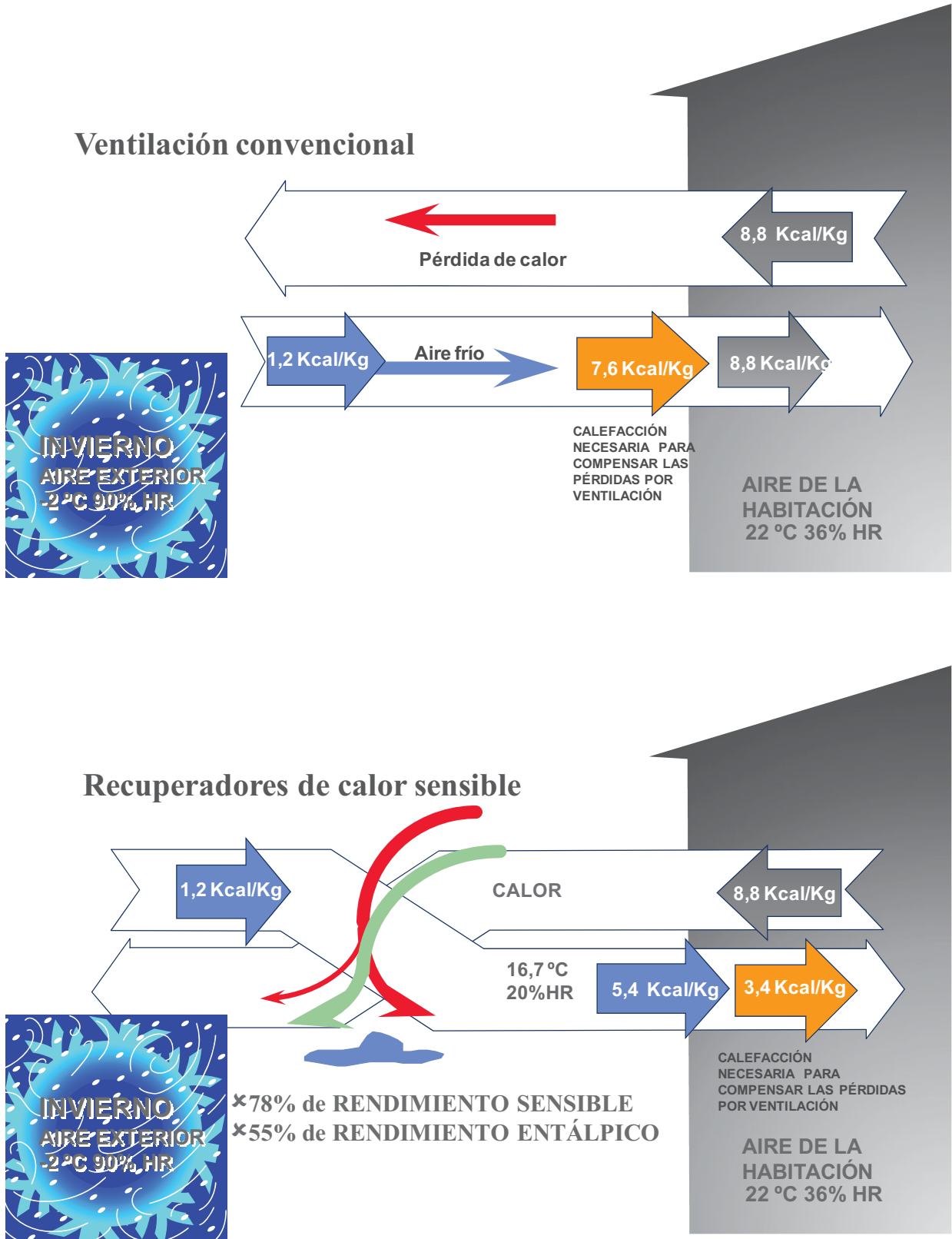


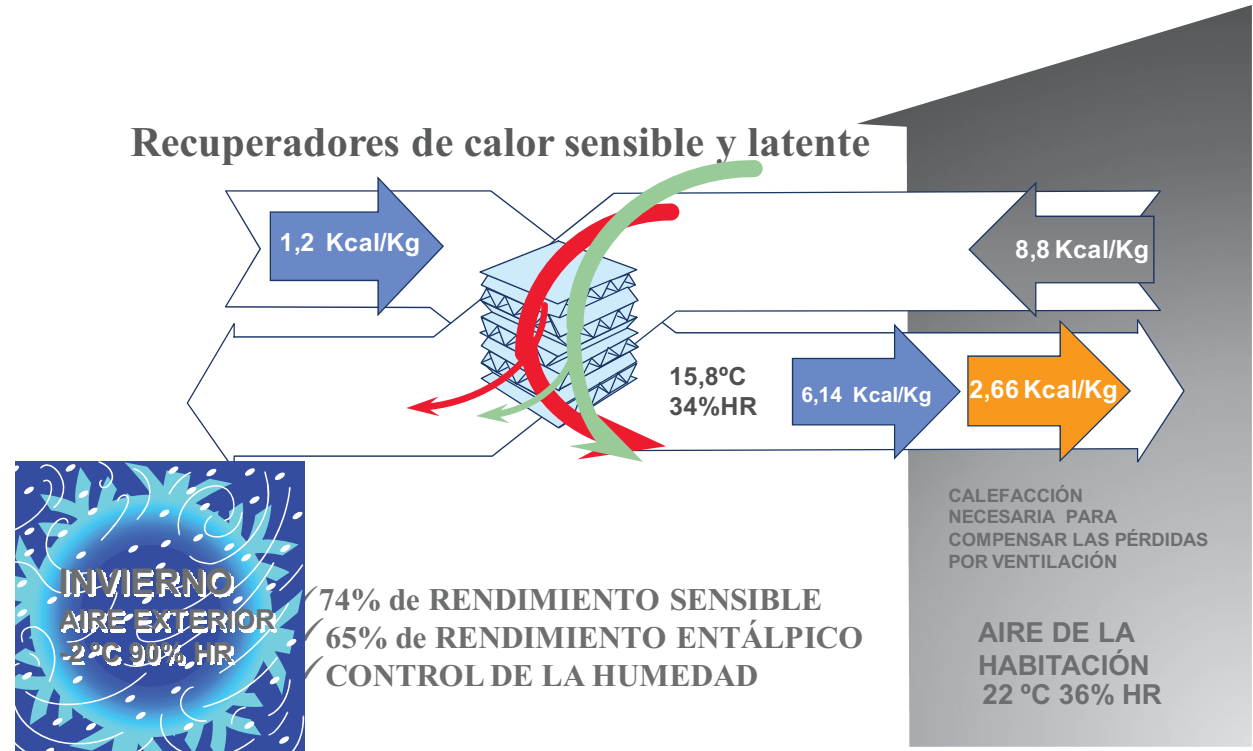
Condiciones Exteriores

T_{Ext}: - 2°
 H_{RExt}: 90 %
 Entalpía: 1,2 Kcal/Kg

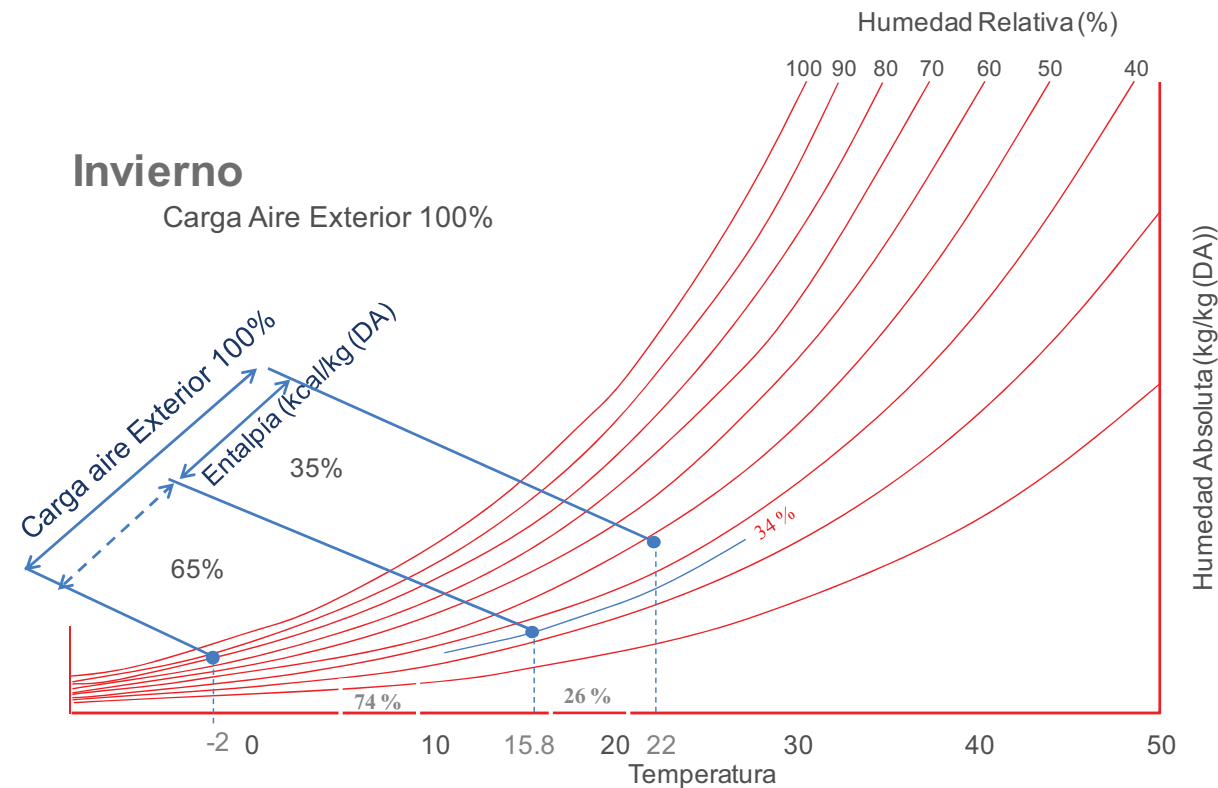
Condiciones Interiores

T_{Int}: 22°
 H_{RInt}: 36 %
 Entalpía: 8,8 Kcal/Kg





Podemos realizar la representación en un diagrama psicrometrico.



Ventilación convencional

- ❑ 7,6 Kcal/ Kg de carga por ventilación

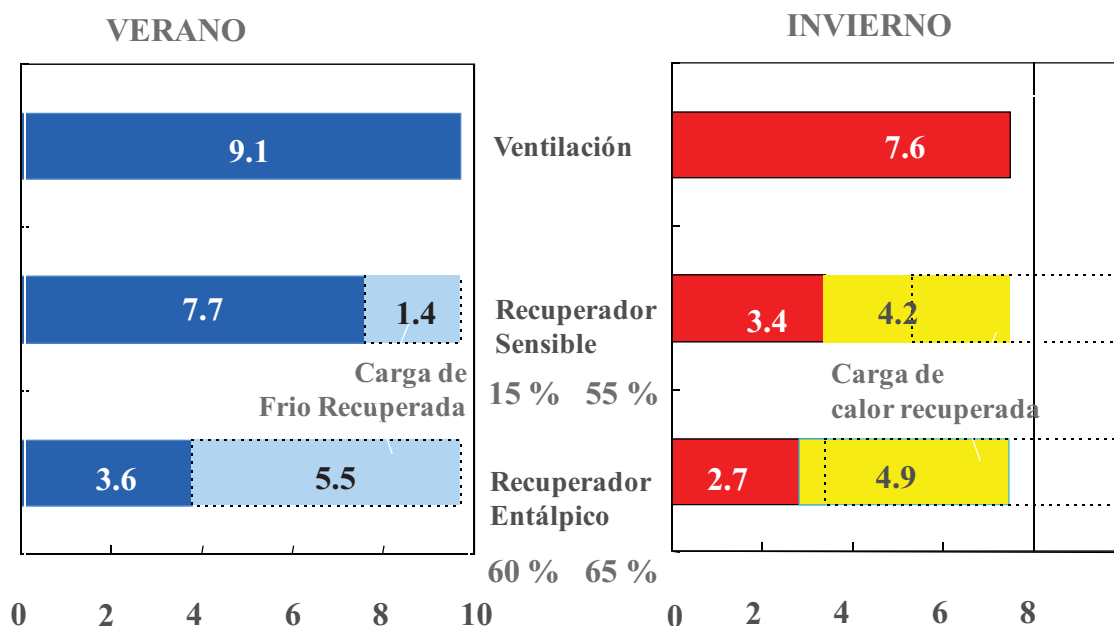
Recuperadores de Calor Sensible

- ❑ 55 % de rendimiento entálpico
- ❑ 3,4 Kcal/Kg de carga de ventilación
 - Entrada de aire fresco muy seco
 - Problemas de condensación

Recuperadores de Calor Sensible y Latente

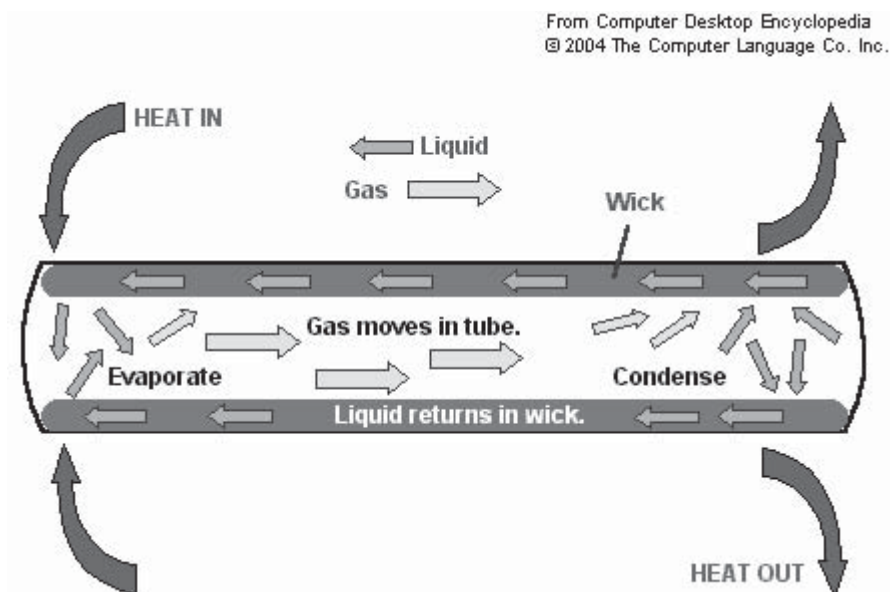
- ❑ 65 % de rendimiento entálpico
- ❑ 2,66 Kcal/Kg de carga de ventilación
 - Mayor ajuste entre el aire fresco y el aire interior
 - Sin problemas de condensación

Podemos ver en el siguiente cuadro comparativo la reducción de los requerimientos de potencia según el tipo recuperador de calor utilizado.

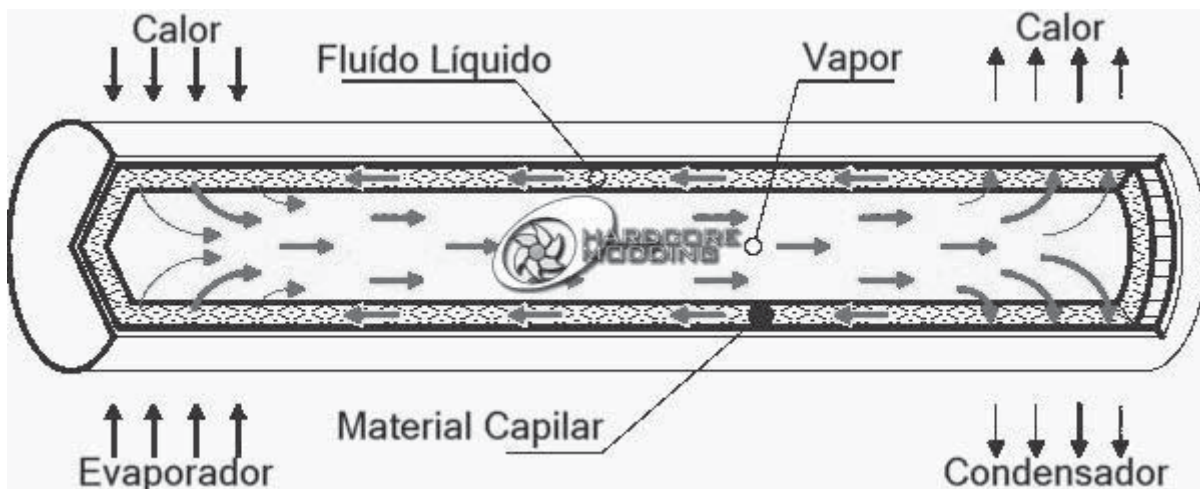


Recuperador por tubos de calor “Heat - Pipe”

Consiste en una serie de tubos cerrados, por ambos extremos, en cuyo interior hay un fluido a una presión adecuada para que se evapore y condense en un rango determinado de temperatura. Al aplicarle calor en un extremo se evapora el líquido de ese extremo y se desplaza al otro lado, ligeramente más frío, condensándose y transfiriéndole el calor.



- El extremo del cilindro con el fluido activo, reposa sobre un generador de calor.
- La superficie del Heat-Pipe transmite el calor, al fluido activo, el cual aumenta su temperatura y comienza a evaporarse.
- El líquido evaporado asciende hasta la sección de condensación, que será donde se libera el calor del fluido, se enfría, y este se condensa, volviendo a estado líquido.
- El fluido activo vuelve hacia la zona de evaporación debido a la gravedad.



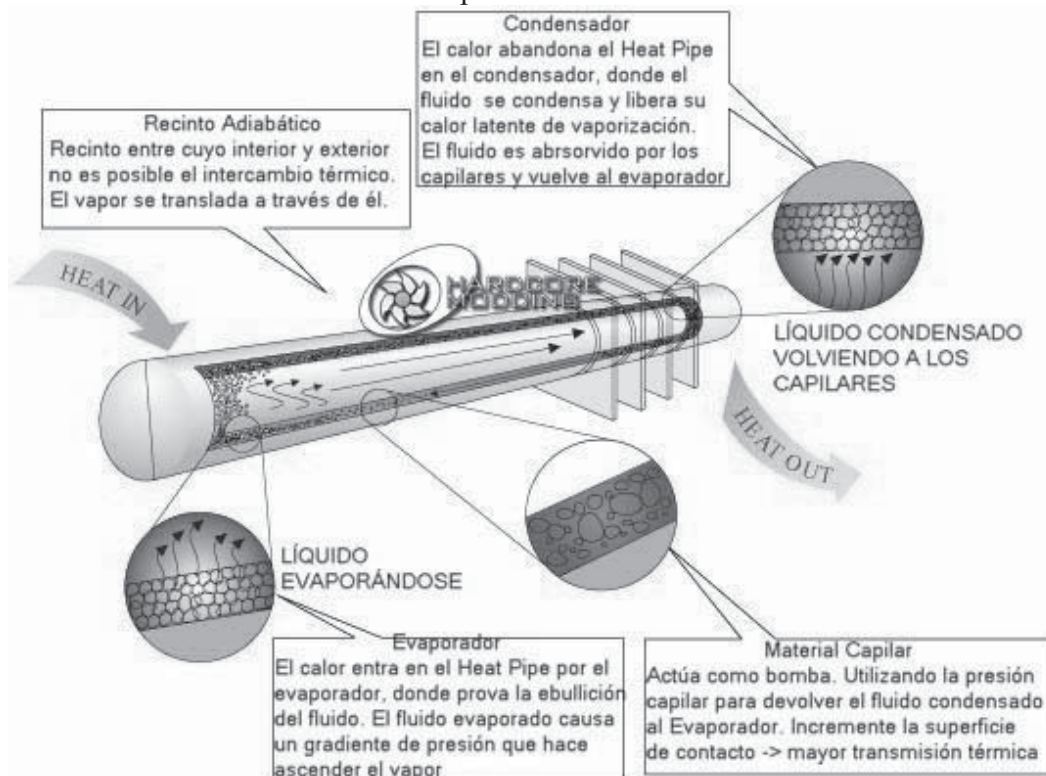
El flujo básico del calor se describe en estas etapas, primero se transmite al fluido, a través de la superficie del Heat-Pipe, de ahí que sea importante que el material del que está hecho el Heat Pipe sea un buen conductor térmico, suelen estar hechos de cobre.

El fluido absorbe el calor, hasta que alcanza su punto de ebullición y comienza a evaporarse, al evaporarse el vapor caliente asciende (llevándose consigo el calor que se produce en el generador térmico).

El vapor alcanza el final del Heat-Pipe, donde se enfría. Típicamente al final del Heat-Pipe hay un disipador o algún tipo de refrigerador, para potenciar la refrigeración del fluido activo evaporado. El vapor se condensa al enfriarse (ya ha transmitido el calor que absorbió).

Una vez condensado, las gotas de fluido activo caen de nuevo hacia el extremo del Heat-Pipe conectado al generador de calor. El fluido activo vuelve frío y listo para volver a absorber la temperatura del generador.

Esquema de funcionamiento de un Heat-Pipe



Esquema Avanzado de Funcionamiento.

Obtenida desde http://www.electronics-cooling.com/Resources/EC_Articles/SEP96/sep96_02.htm

Figura 5. - Ciclo del Fluido Activo Dentro del Heat Pipe.

Obtenida desde <http://www.knap.at/de/noren.htm>

Eficiencia de recuperadores:

| Recuperador | Eficiencia % | Per Pres (Pa) |
|-----------------------|--------------|---------------|
| Rotativo | 70 a 90 % | 100 a 180 |
| Placas | 45 a 65 % | 120 a 400 |
| Tubos de calor | 50 a 80 % | 100 a 500 |
| Dos baterías | 40 a 60 % | 150 a 300 |
| Circulación y rociado | 60 a 70 % | 150 a 300 |
| Evaporativo indirecto | 50 a 70 % | 50 a 350 |

d) FREE- COOLING

Durante el año existen condiciones higrotérmicas exteriores favorables para el tratamiento del aire interior, esto permite que podamos reducir el consumo energético de acondicionamiento

térmico mediante el empleo del sistemas economizadores denominado free-cooling o free-heating según el periodo estacional que se trate.

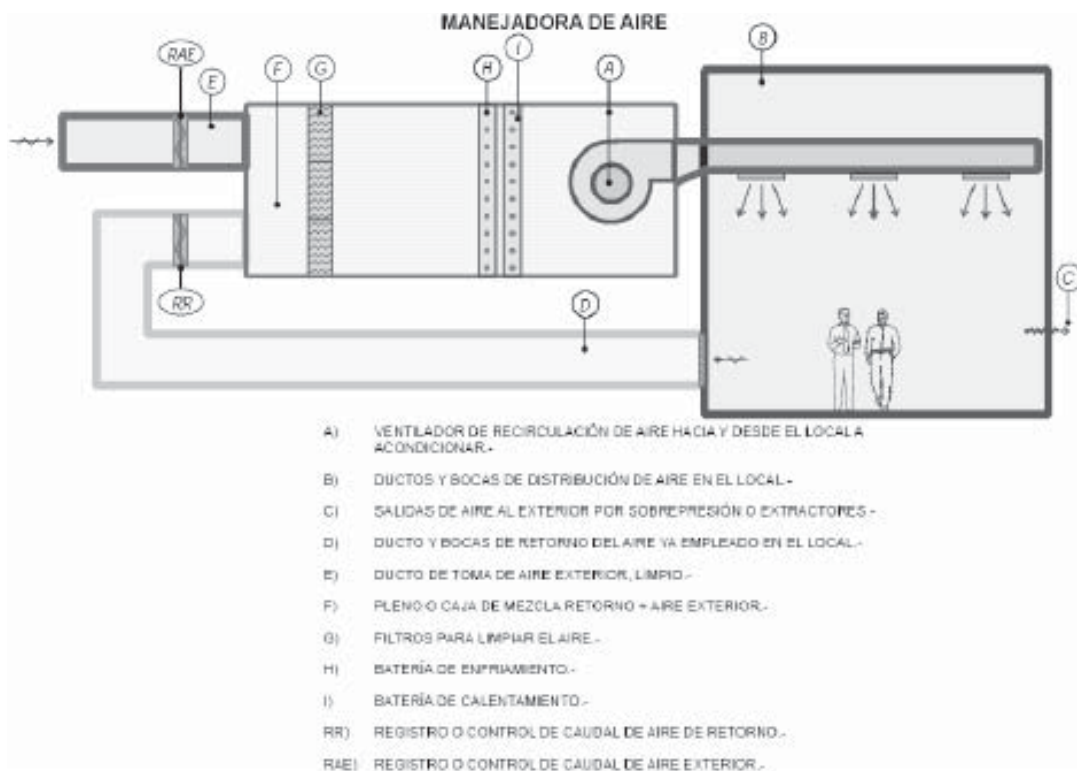
El sistema mayormente utilizado es el denominado free-cooling de aire exterior aprovechando las condiciones higrotérmicas cuando las condiciones exteriores son favorables.

El procedimiento usual para llevarlo a cabo, contando el sistema con un ventilador en la línea de retomo, que puede canalizar dicho aire eliminándolo hacia el exterior, o recirculándolo hacia la unidad de tratamiento de aire.

La regulación de las proporciones de aire se realiza mediante un juego de apertura y cierre de persianas modulantes sincronizadas automáticamente, comandadas por un controlador con un sensor exterior e interior. De esa manera cuando se requiere más aire exterior, se va abriendo la persiana de entrada de aire, se va cerrando la del aire recirculado y se va abriendo la del aire expulsado al exterior.

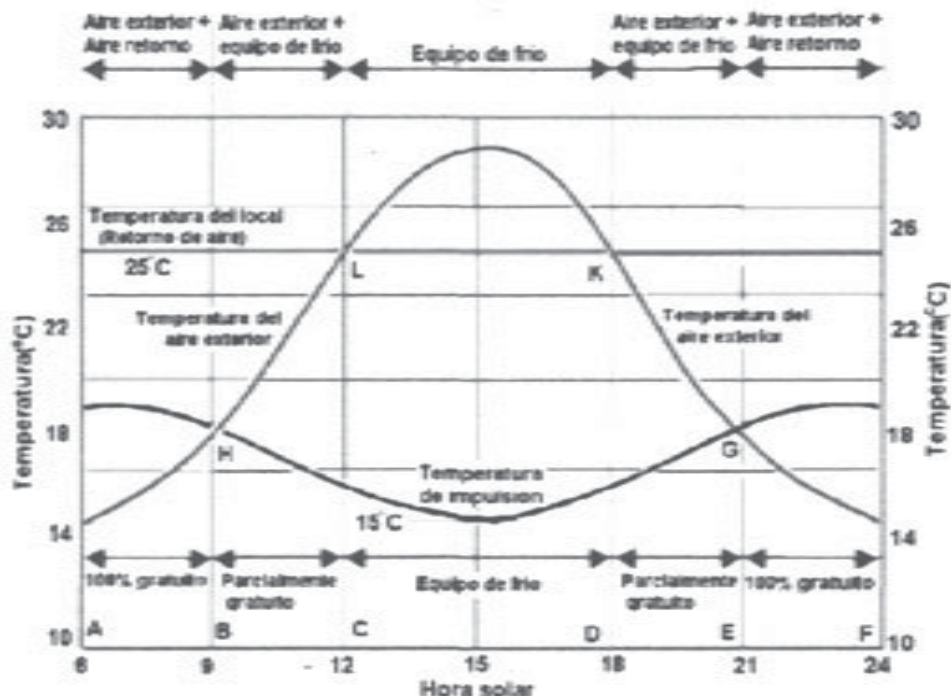
Se pueden plantear los siguientes casos de operación:

- Temperatura del aire exterior menor que la del aire de impulsión
- Temperatura del aire exterior mayor que la temperatura del aire de impulsión, pero menor que la del aire de retomo de los locales
- Temperatura del aire exterior mayor que la temperatura del aire de retorno de los locales.



Funcionamiento de free-cooling

Podemos representar el procedimiento descrito, considerando una temperatura del aire del local o de retorno de 298 °K y una temperatura mínima de impulsión de 288 °K en el pico de carga del local a las 15 horas. Se observa que durante el intervalo horario AB, la temperatura del aire de impulsión es menor que el de impulsión de modo que el sistema modula las compuertas hasta lograr que la mezcla del aire exterior con el aire recirculado alcance el valor determinado por la curva de temperatura de impulsión, siendo innecesaria la producción de frío, por lo que, el enfriamiento gratuito.



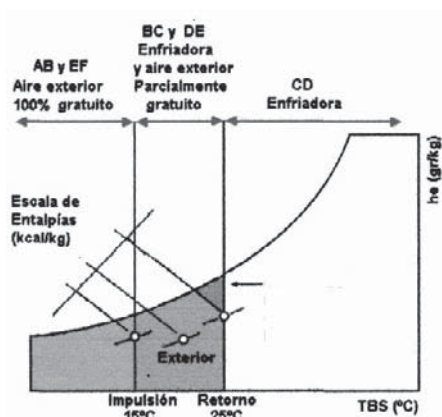
Regulación de un free-cooling

En el intervalo BC la temperatura del aire exterior es mayor que la de impulsión pero inferior a la temperatura de retorno que es la del local, en ese ínterin el sistema frigorífico debe operar parcialmente para bajar la temperatura del aire exterior que se introduce en un 100% hasta alcanzar la temperatura de impulsión requerido por los locales y cuando la temperatura del aire exterior alcanza a la del local, punto L, constituye el límite del enfriamiento gratuito.

Por último, durante el período CD, donde la temperatura del aire exterior es superior a la de retorno de los locales, la instalación funciona en forma convencional, ingresando sólo el aire exterior necesario para satisfacer las condiciones de ventilación de los locales. Los intervalos DE y EF son similares a los BC y AB.

El sistema descrito precedentemente se basa en el control por temperatura del aire exterior, pero en algunos casos es conveniente efectuar lo que se denomina control entálpico.

Si el control del free-cooling es por temperatura como el descrito precedentemente, existe una zona comprendida entre la temperatura de bulbo seco del local, la temperatura de bulbo húmedo y la curva de saturación, que demuestra que si bien la temperatura seca del aire exterior es menor que la del retorno o la del local y por lo tanto puede absorber calor sensible del mismo, la entalpía del aire exterior es mayor que la del aire del local, por lo que es contraproducente su ingreso en el sistema.

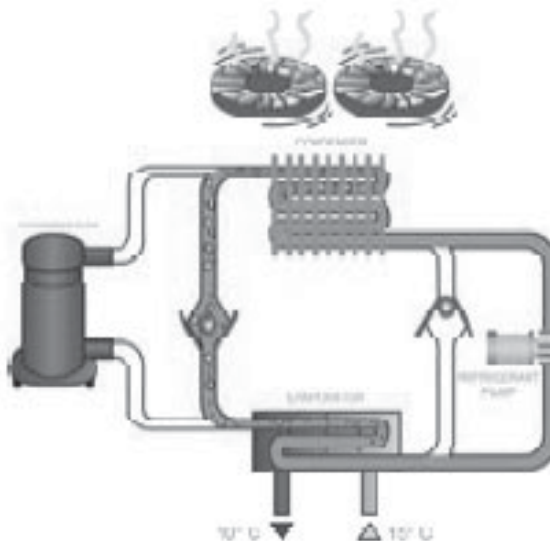


Esquema en abaco psicrométrico de la regulación del free-cooling

Por ello, en zonas donde durante un elevado número de días se produce esa circunstancia debe siempre efectuarse un control entálpico del sistema. El mismo consiste en determinar en todo momento los parámetros de temperatura y humedad, integrando automáticamente la entalpía y cantidad de calor del aire exterior y el de retorno de los locales.

En general estos sistemas son muy interesantes en locales que demandan refrigeración durante muchas horas al año, incluso en invierno, debido a la alta carga interna de iluminación y personas.

Esquema de operación



Podemos encontrar el sistema aplicado también en enfriadoras de agua por lo general cuentan con un dispositivo que aprovecha la baja temperatura invernal del aire exterior para enfriar agua sin necesidad de recurrir al arranque de compresores de las plantas enfriadoras.

La energía transportada por el agua fría retornando desde los terminales produce la evaporación del refrigerante. Este vapor, dada la diferencia de temperaturas y por tanto de presiones, migra hacia el condensador sin necesidad de aporte de trabajo.

El vapor condensa en las baterías exteriores. El menor o mayor caudal de aire sirve para regular la capacidad de condensación.

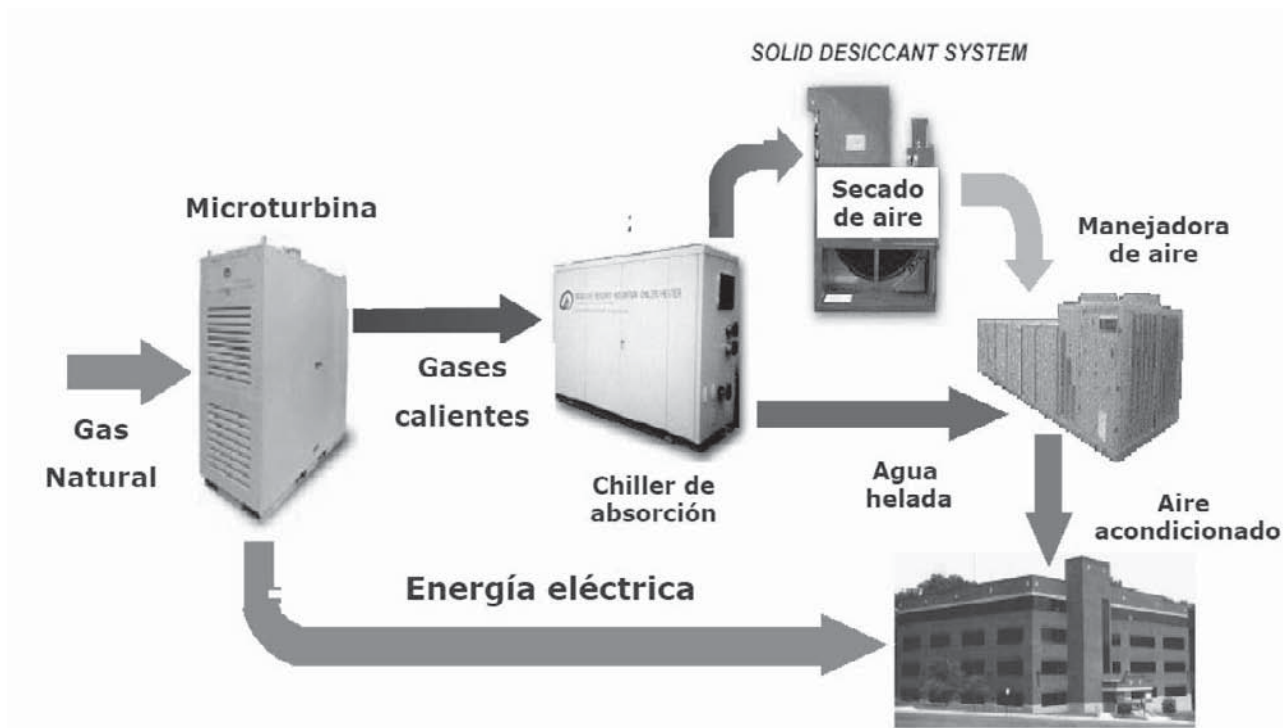
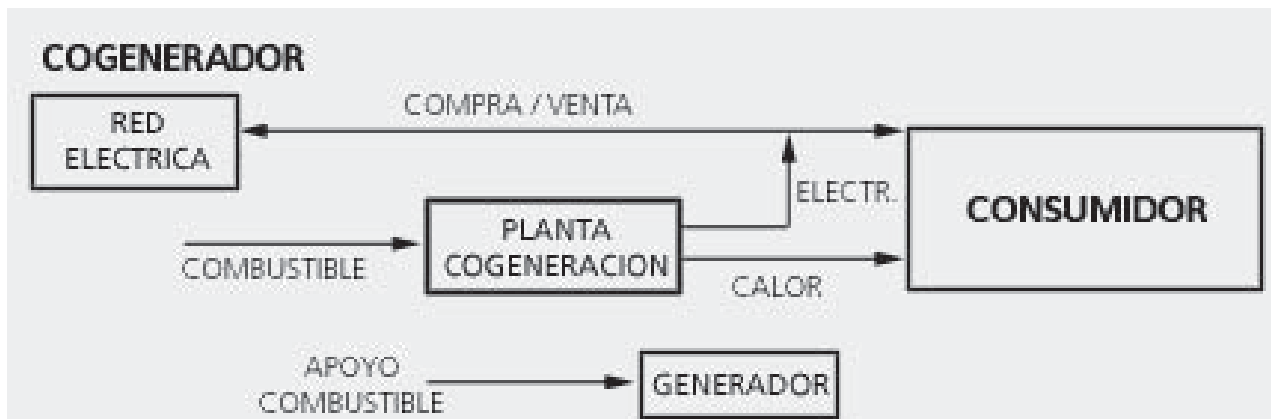
Desde el condensador, una bomba de circulación de refrigerante vence la diferencia de presiones entre condensador y evaporador, cerrando el ciclo frigorífico.

Se consigue reducir drásticamente el consumo de climatización en aquellas instalaciones que con gran carga requieran refrigeración en invierno, con un coste económico mínimo.

Especialmente indicado en centros de cálculo, secciones de cirugía en hospitales, lugares de reunión, auditorium, teatros, etc.

e) COGENERACIÓN

La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria, hielo, agua fría, aire frío, por ejemplo).



Mediante la cogeneración podemos lograr mayor eficiencia energética ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso, en vez de utilizar una red eléctrica convencional y para las necesidades calor un generador convencional.

Al generar electricidad mediante una dinamo o alternador, movidos por un motor térmico o una turbina, el aprovechamiento de la energía química del combustible es del 25% al 40% solamente, y el resto debe disiparse en forma de calor. Con la cogeneración se aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera o a una masa de agua y evita volver

a generarla con una caldera. Además evita los posibles problemas generados por el calor no aprovechado.

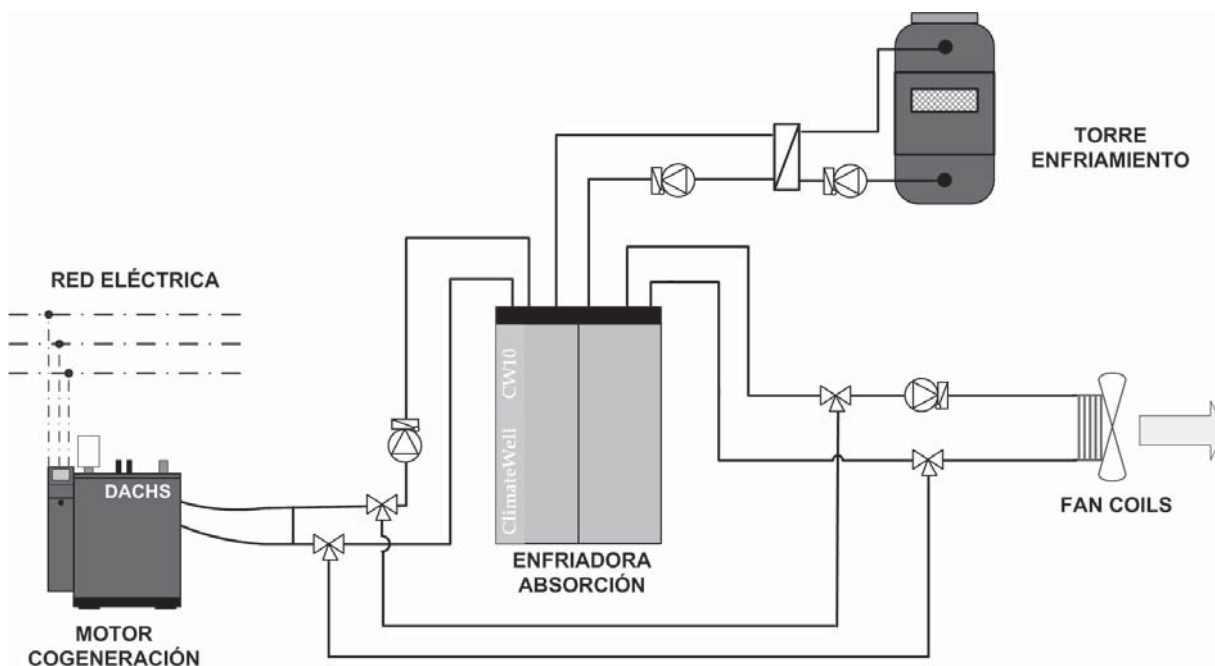
Este procedimiento tiene aplicaciones tanto industriales como en ciertos grandes edificios en los que el calor puede emplearse para calefacción, para refrigeración, mediante sistemas de absorción, y preparación de agua caliente sanitaria como por ejemplo grandes superficies de ventas, ciudades universitarias, hospitales, etc.

f) TRIGENERACIÓN

Hay una ampliación del concepto de cogeneración que permite disponer aparte del calor y la energía mecánica/eléctrica habitual, frío a partir de calor residual.

Es posible obtener frío a partir de una fuente de calor mediante sistemas de absorción. Como resultado se obtiene una cantidad de calor mayor, el provisto por el sistema de cogeneración, más de sustraído por el sistema de refrigeración, pero a menor temperatura. Por ejemplo con un líquido más templado pero de mayor volumen.

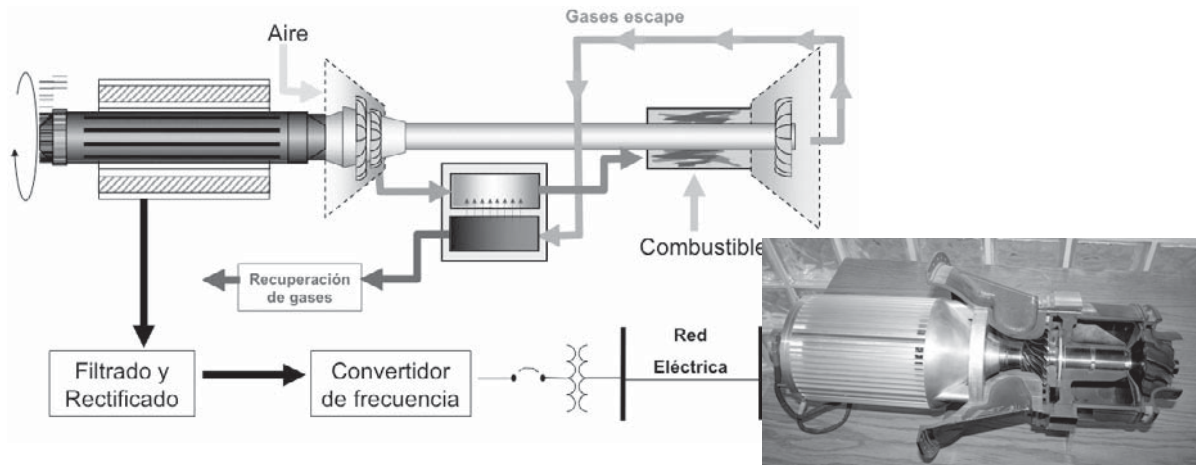
Un sistema de refrigeración por absorción necesita una temperatura de uno 353°K (80°C) para funcionar, del que se obtiene el agua de descarga a unos 313°K o 323°K (40°C o 50°C) y el agua de refrigeración a unos 273°K a 277°K (0° a 4°C).



Maquinaria utilizada para instalaciones de cogeneración

- Turbina de vapor
 - Turbinas de vapor a contrapresión: cuando el volumen de vapor necesario para los servicios auxiliares es igual que el de la turbina.
 - Turbinas de vapor con toma intermedia, cuando sólo una parte del vapor de la turbina es necesario para los servicios auxiliares.

- Turbina de gas

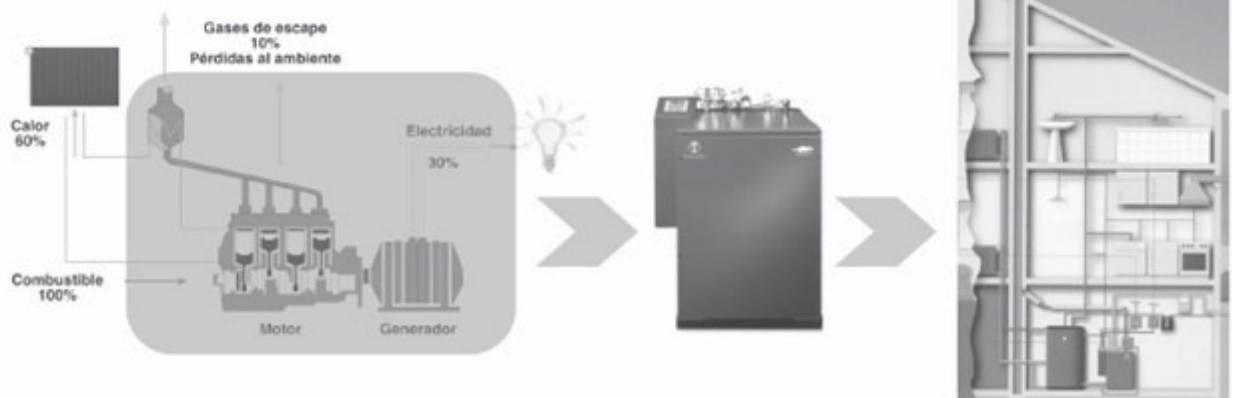


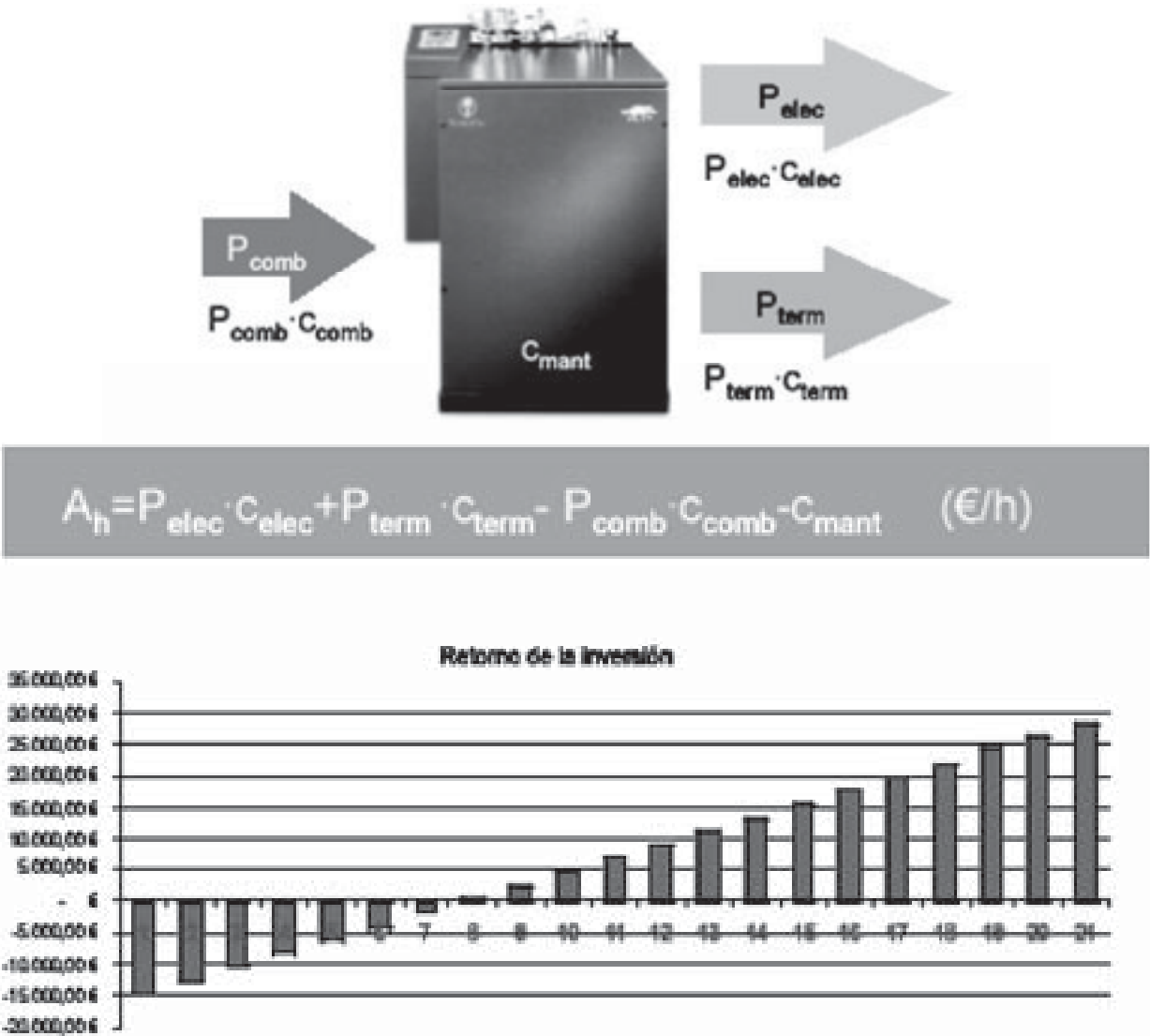
- Motor de combustión interna
- Pila de combustible
- Microturbinas
- Motores Stirling
- Ciclos Rankine con fluido orgánico

La cogeneración se ha instalado con éxito a pequeña escala, < 1MWe, y a muy pequeña escala, microgeneración, < 50 Kw Hoy se dispone de plantas completas encapsuladas y listas para operar en edificios:

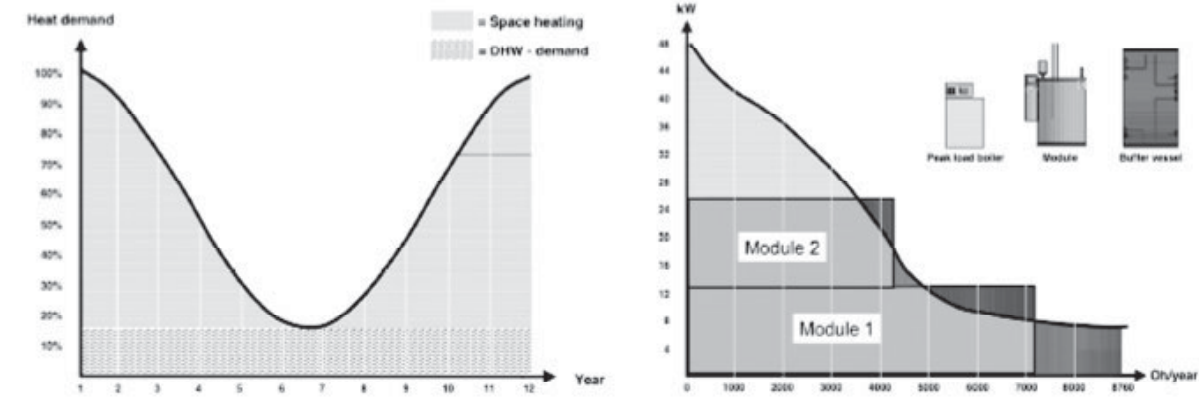
- Se integran en las instalaciones térmicas como un generador más.
- Generan electricidad en paralelo con la red y calor a 353 °K para calefacción.
- Son automáticas y eficientes.

La cogeneración reduce costes energéticos, la inversión se recupera con el tiempo de trabajo de los equipos.





Se dimensiona de acuerdo a la demanda térmica. La cogeneración satisface la demanda térmica y los generadores convencionales (Planta térmica) los picos. La electricidad se autoconsume o transfiere a la red eléctrica, de acuerdo con los criterios económicos preestablecidos. Se busca que la cogeneración trabaje a plena carga el mayor periodo posible.



g) INVERTER

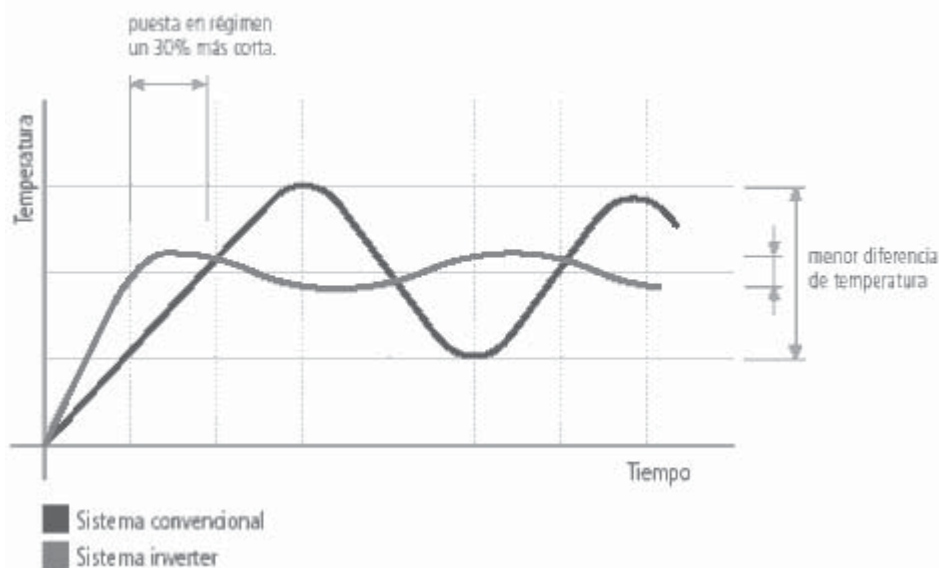
Un sistema de control INVERTER regula el mecanismo de acondicionamiento de aire mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico. En lugar de arrancar y parar frecuentemente, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala. A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología Inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria.

Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor.

Gracias a un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, los equipos Inverter varían las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia demandada. Y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor. De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional.

Trae como ventajas:

- Mayor rapidez de enfriamiento
- Uso eficiente de la potencia
- Menor consumo de energía



Comparativo de un sistema Inverter con un convencional

h) ALMACENAMIENTO TÉRMICO

La acumulación térmica permite generar una cantidad de calor en un horario determinado para utilizarla en otro.

Esto permite recortar los picos de demanda de cargas térmicas que se producen durante el día, con lo cual podemos diseñar equipos de acondicionamiento más pequeños. Además logro aumentar el rendimiento de la planta térmica porque trabaja a capacidad uniforme con el máximo rendimiento.

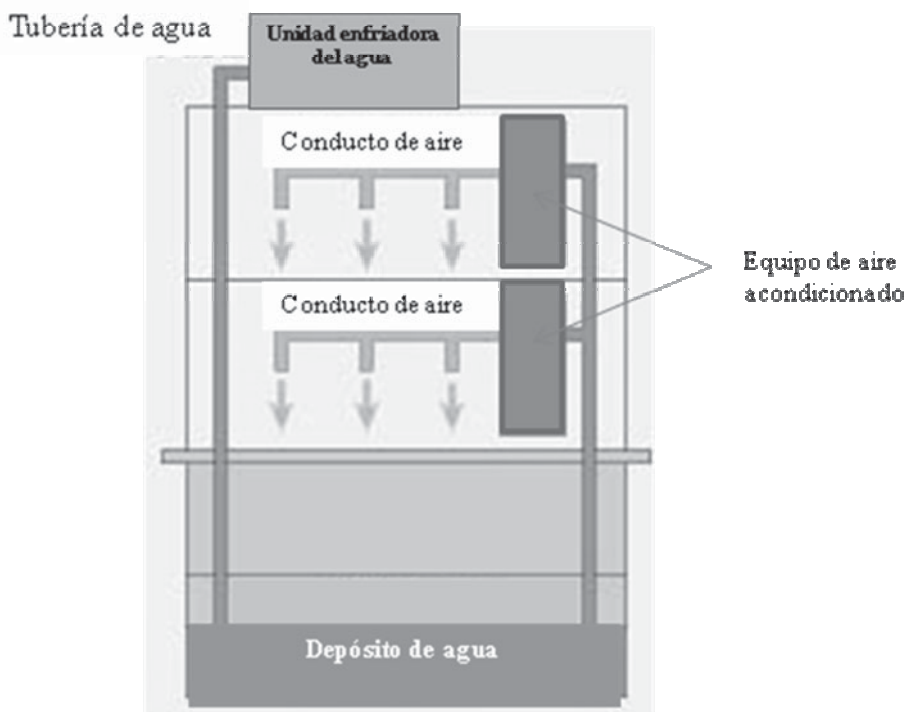
El sistema cuenta con mayor fiabilidad en la generación ya que por un lado, contamos con el sistema de acondicionamiento en funcionamiento y por otro un sistema de acumulación de frío o calor. En casos de corte de suministro eléctrico, se cuenta con cierto tiempo de seguridad de

mantenimiento de la temperatura ambiente debido a la carga térmica almacenada y se pueden contemplar paradas de la instalación para realizar mantenimientos de emergencia.

Los sistemas de acumulación para refrigeración generalmente empleados pueden clasificarse en:

- Sistemas de calor sensible: agua fría
- Sistemas de calor sensible - latente: agua-hielo

El sistema de calor sensible es el más simple, consistiendo en el almacenamiento de agua en un tanque de acumulación, la que se enfría fuera de las horas de utilización a la temperatura más baja posible, mediante el empleo de máquinas enfriadoras de líquido destinadas al acondicionamiento del edificio.



Sistemas de calor Sensible – Agua Fría

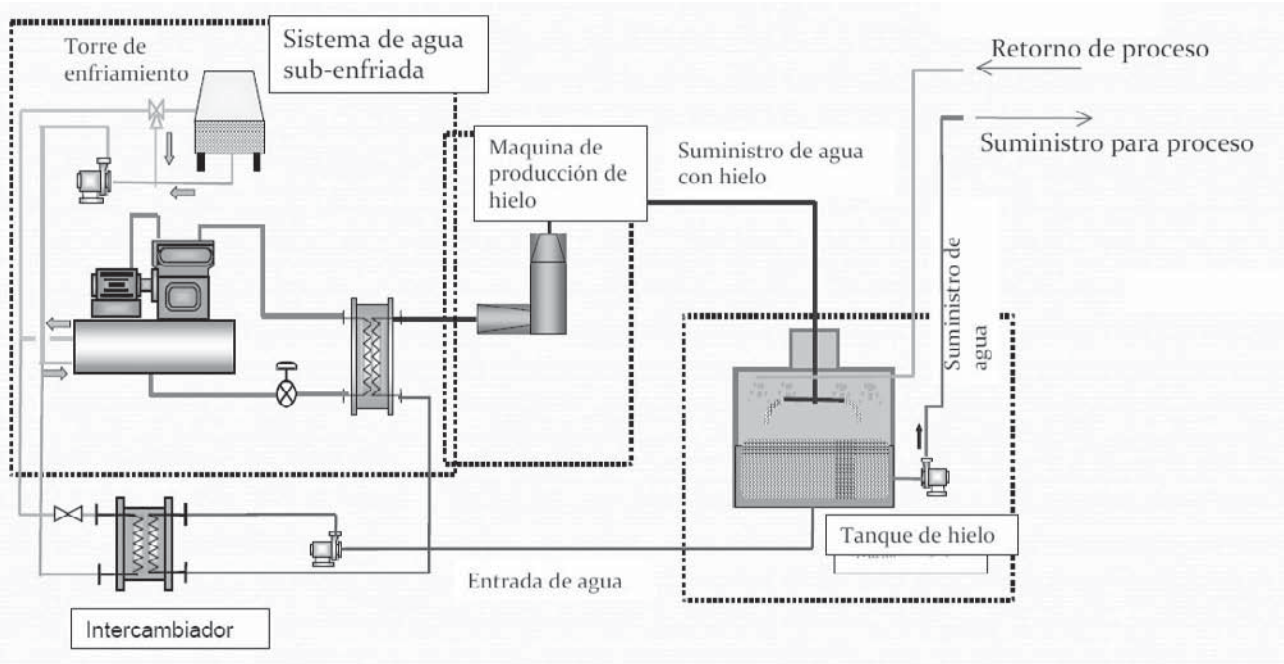
Con la unidad enfriadora funcionando, se envía la suficiente agua fría para satisfacer la carga requerida de refrigeración y el exceso se bombea al tanque de almacenamiento. Cuando la enfriadora no tiene suficiente capacidad para satisfacer los requerimientos de refrigeración, se extrae agua fría adicional desde el tanque.

Las desventajas del almacenamiento térmico con tanque de agua son los límites en la capacidad por el acotado rango de temperatura del agua, lo que requieren grandes volúmenes y las pérdidas o ganancias de calor en el sistema por transmisión.

El sistema de calor sensible - latente, está asociado con un cambio de estado físico o también denominado cambio de fase, utilizando generalmente hielo.

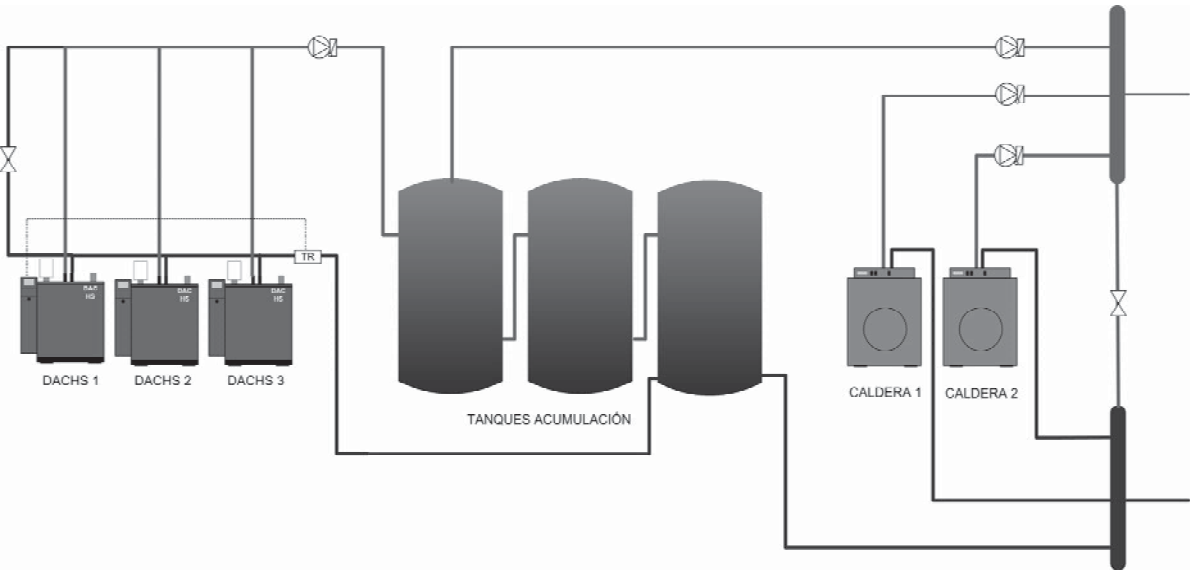
La acumulación se realiza generalmente en grandes instalaciones con hielo, basado en el calor latente para cambiar de estado físico a agua, aprovechando las ventajas del alto calor de fusión del hielo (80kcal/kg) a la temperatura de 273 °K (0°C) para el cambio de fase, con un volumen mucho menor que el almacenamiento con agua.

Los sistemas más utilizados de acumulación de hielo con ligeras variantes son los sistemas de serpentín que utiliza agua con glicol circulando por un haz de tubos, uniformemente repartidos, montados en espiral que enfría y congela el agua contenida en un depósito de acumulación a presión atmosférica normal.



Sistemas de calor Latente – Hielo - Agua Fría

También podemos plantear para un sistema de cogeneración utilizar tanques de acumulación de agua caliente con el fin de cubrir los picos de demanda.



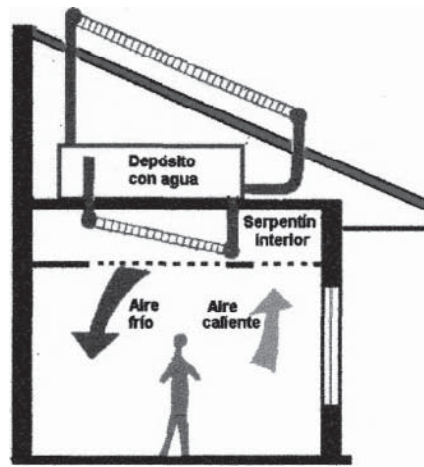
i) ENFRIAMIENTO NATURAL

Si la variación térmica es amplia durante el día y la noche podemos desarrollar distintos sistemas constructivos que permitan mejorar naturalmente el confort interior.

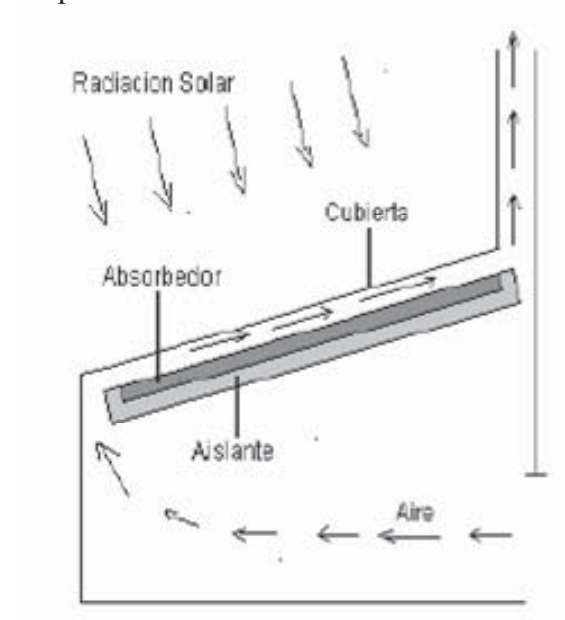
Enfriamiento Natural sistema agua fría:

Al bajar la temperatura exterior durante la noche el agua contenida en el colector externo se enfría y comienza a producirse la circulación por el circuito debido a las diferencias de densidades entre el agua proveniente del colector externo y la contenida en el colector interno. Durante el día el agua en el serpentín interior absorbe la disipación interna del local y al calentarse asciende al tanque. El sol calienta el agua del serpentín exterior pero al ser más liviana queda prácticamente estratificada en el mismo.

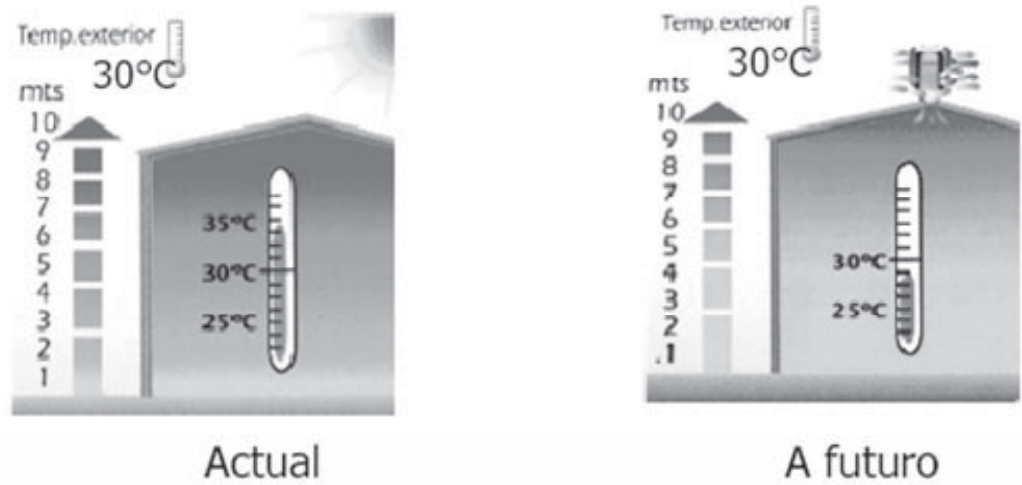
También se suele utilizar en lugar de agua, sustancias refrigerantes que se solidifican durante la noche y se funden durante el día.

**Enfriamiento Natural colectores-absorbedores solares:**

Instalación de colectores-absorbedores solares en el techo. El aire se calienta y se induce el flujo, retirando calor interior por convección.



Nota: Podemos proyectar de manera que la energía solar se puede usar para calentar el aire periférico de las viviendas, inducir un tiro, reducir la temperatura de las paredes, producir ventilación y refrescar el interior.

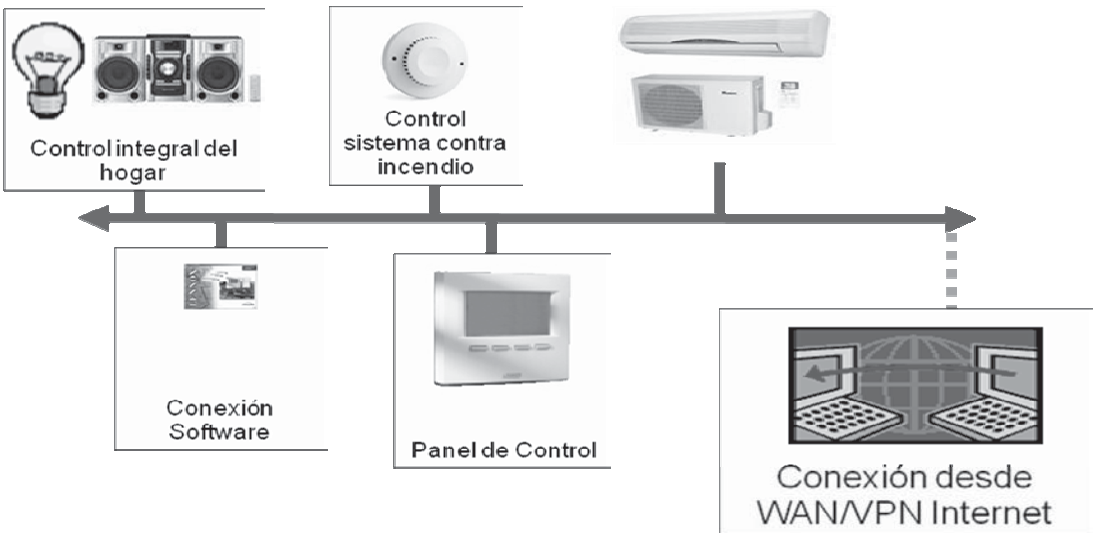


j) **CONTROL CENTRALIZADO**

Expusimos algunas consideraciones a nivel de proyecto a fin de que los edificios dispongan de una envolvente y de tecnología, de características tales que limiten adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.

A fin de producir eficiencia y uso racional de la energía debemos tender a la automatización del uso de los servicios a través de sistemas centralizados de control, independizando el manejo de las instalaciones a manos de los usuarios. También se produce mayor eficiencia en el mantenimiento de las instalaciones.

En grandes edificios debe adoptarse un sistema de gerenciamiento que posibilita la operación y regulación, con un programa orientado hacia la eficiencia y el uso racional de la energía, así como una disminución de los costos de mantenimiento.



CAPITULO XV

ANÁLISIS DE INVERSIONES

XV.1 INTRODUCCIÓN

Lograr la eficiencia y el uso racional de la energía se requieren inversiones. En el análisis de las inversiones que demandan debemos conocer las alternativas tecnológicas que nos ofrece el mercado para que la instalación durante su vida útil resulte eficiente y racional en el uso de la energía. Reduciendo costos y satisfaciendo la mayor demanda de confort.

Por ello es dable analizar el uso de tecnologías que usen energías renovables o alternativas, o la conveniencia de utilizar energías no renovables.

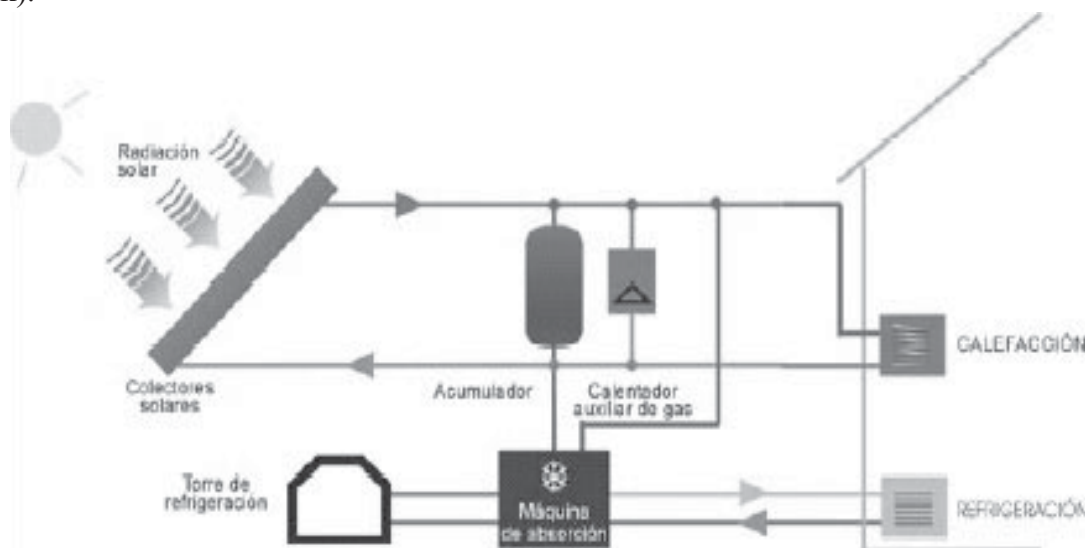
El presente capítulo desarrollaremos sintéticamente algunas de las consideraciones a tener en cuenta cuando analizamos un proyecto o mejora de un sistema de acondicionamiento térmico.

XV.2 ENERGÍAS ALTERNATIVAS - RENOVABLES

Existen hoy alternativas tecnológicamente económicas que permiten brindar confort higrotérmico utilizando sistemas que funcionan consumiendo energías renovables.

Tecnología Solar:

La energía solar térmica que se utiliza por lo general para abastecer agua caliente sanitaria a través de captadores planos no producen agua de muy alta temperatura; en verano alcanzan temperaturas máximas de unos 258 °K. Para instalaciones solares que pretendan ser una ayuda o convertirse en un ahorro para la climatización, ya sea para calefacción o para aire acondicionado, se recomiendan los llamados paneles solares de tubos de vacío que alcanzan temperaturas de hasta 393 °K. Aunque las tecnologías que actualmente se encuentran en el mercado para la generación de climatización activada por colectores solares tienen distintas temperaturas de activación: absorción, temperatura de activación 353 °K – 368 °K, absorción, temperatura de activación 333 °K – 363 °K y desecantes (temperatura de activación 323 °K – 423 °K).



Circuito Sistema Solar de Calefacción y Refrigeración por absorción

En este esquema vemos una posible configuración de un sistema de calefacción y refrigeración convencional apoyado con energía solar. El sistema solar dispone de acumulación con el fin de amortiguar los desfases entre la disponibilidad de radiación y la carga frigorífica.

Además, podemos ver una caldera de apoyo, preferiblemente con biomasa, para garantizar que en todo momento la máquina de absorción dispondrá de la energía necesaria para su funcionamiento, además de garantizar una temperatura constante en el generador y no provocar oscilaciones térmicas que provocan una disminución de rendimiento.

Energía Geotérmica:

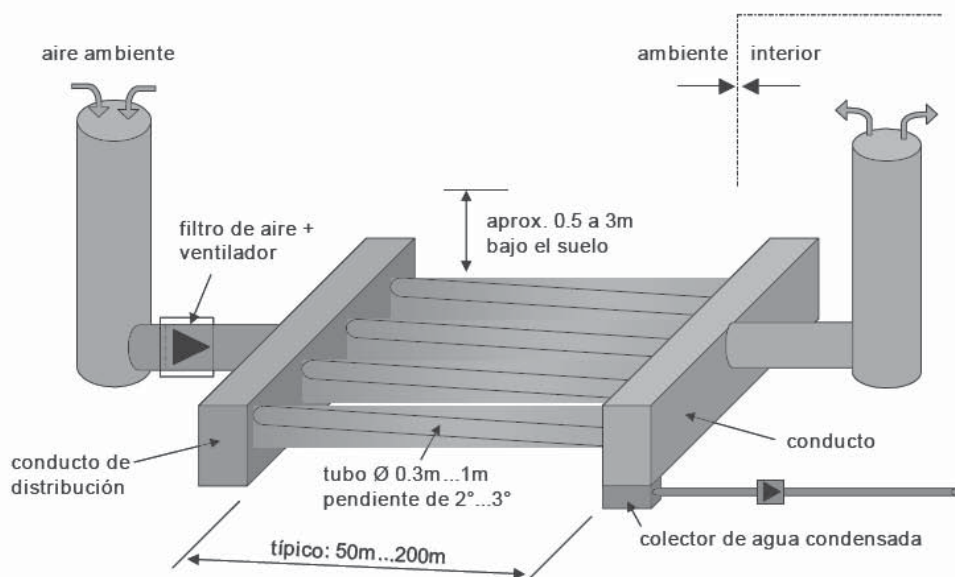
Exceptuando las capas más próximas a la superficie, la temperatura de la tierra varía muy poco a lo largo del año, en función de ello se puede aprovechar mediante intercambio esta condición. Existen en el mercado varios sistemas, describiremos uno de ellos.

Descripción del sistema - Nuevo Centro Administrativo – Consejerías en la Ciudad de Mérida

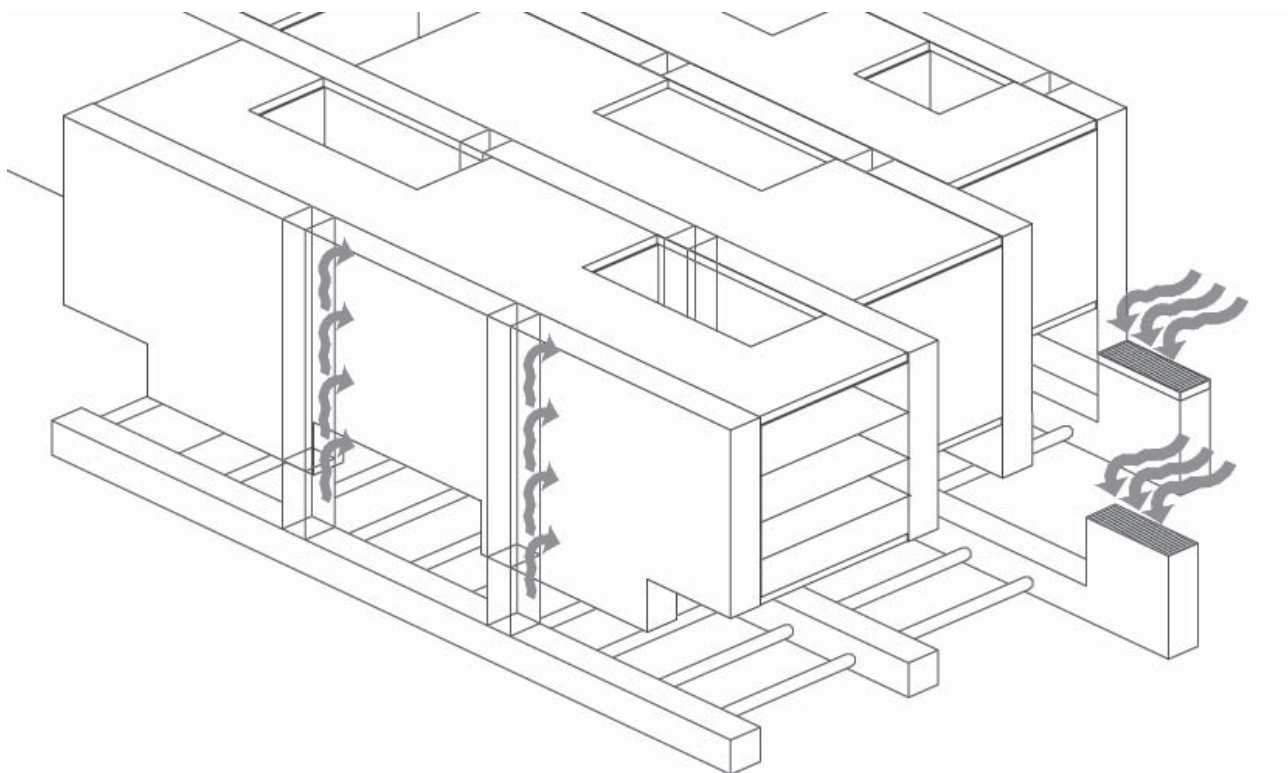
El aire ambiente es recirculado a través de una red de conductos enterrados en el terreno. Al circular por los conductos, la temperatura del aire se aproxima a la temperatura del suelo circundante. Así, el caudal de aire que pasa por los conductos es enfriado por el terreno que envuelve los conductos, que se encuentra a una temperatura menor en verano, y en invierno, el efecto es el contrario, al estar el suelo a mayor temperatura que el aire precalentándolos antes de que éste entre en el edificio.

Debemos tener en cuenta que el sistema pierde en su funcionamiento eficiencia térmica debido a que el terreno requiere un cierto tiempo en reponer las calorías aportadas al aire, esto se conoce como saturación térmica del terreno, no obstante el salto térmico sigue siendo apreciable.

Para la recirculación del aire necesario, se emplea un ventilador, que puede estar situado tanto delante como detrás del sistema de conductos.



Funcionamiento del intercambiador aire - tierra (uso en verano)



Esquema de funcionamiento del intercambiador aire - tierra integrado al edificio

XV.3 Sistema que usa energía eléctrica o gas natural

Si en nuestro proyecto debemos utilizar una fuente de energía no renovable debemos evaluar el costo que demandará durante la vida útil, considerando si la misma está subvencionada por el gobierno.

Si tomamos para el año 2009 a la Argentina que subvenciona el uso domiciliario del gas y la electricidad tendremos una relación de precios de 4. Quedando claro la conveniencia de utilizar sistemas térmicos que consuman gas.

En cambio si el análisis lo hacemos para EEUU vemos que la relación de precios es de 1,3, aquí la entran a jugar otros factores sobre la conveniencia del uso de la energía eléctrica, como es la disponibilidad y las políticas de estado implementadas.

Argentina

Electricidad Uso Residencial 0,09 \$/kWh

1 kWh = 860 kcal

0,0001 \$/kcal

Gas natural Uso residencial 0,22 \$/m³

1 m³ = 9300 kcal

0,000025 \$/kcal

Relación de precios: **100/25 = 4**

EEUU

Electricidad Uso Residencial 0,058 U\$/kWh

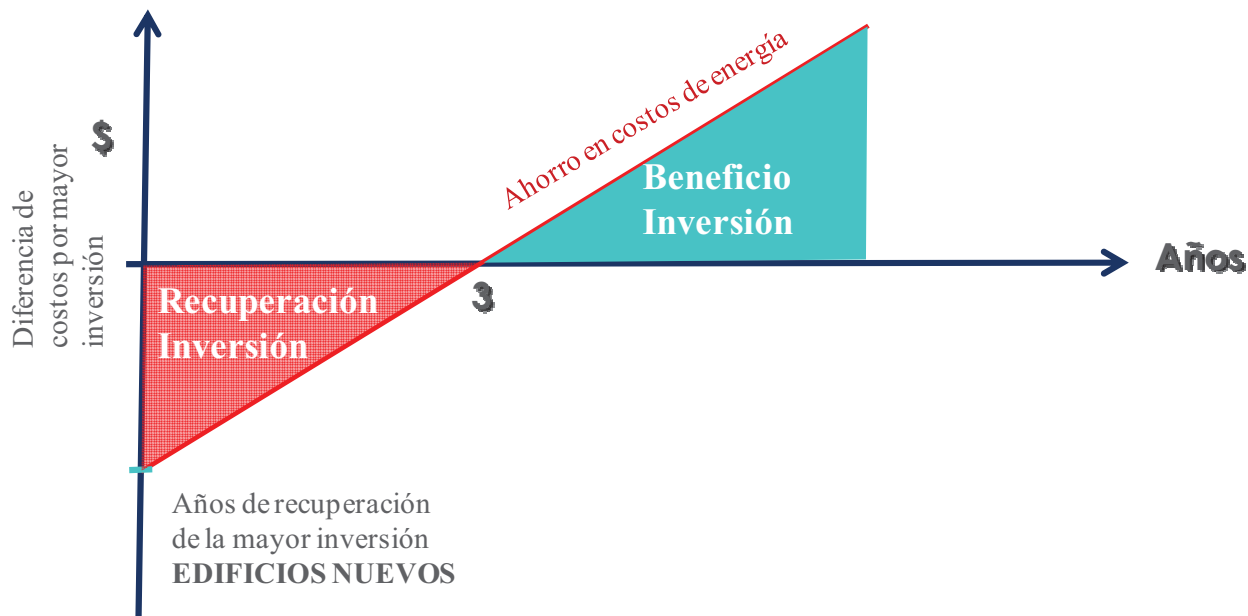
1 kWh = 860 kcal

0,000067 U\$/kcal

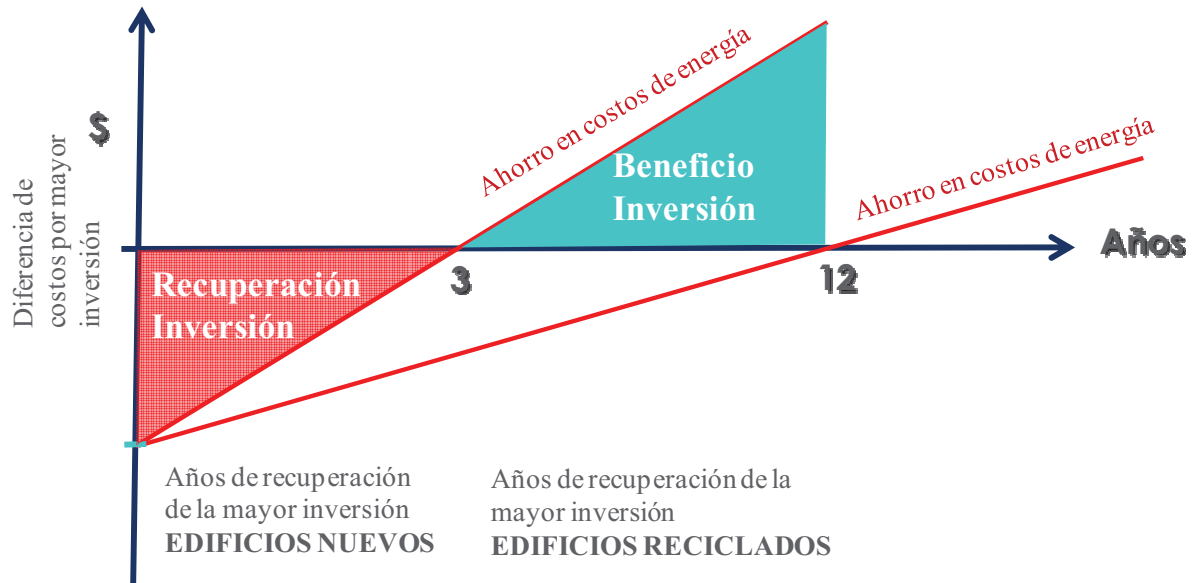
Gas natural Uso residencial 0,48 U\$/m3
1 m3 = 9300 kcal
0,000052 U\$/kcal
Relación de precios: **67/52 = 1,3**

XV.4 Retorno de mayores inversiones

Debemos realizar un análisis del retorno de las mayores inversiones que significan las decisiones adoptadas a fin de lograr mayor eficiencia energética.
Si nos olvidamos de los vaivenes económicos y en forma simplificada podemos decir que se requiere de una mayor inversión inicial para lograr una mejora energética, luego se requiere un tiempo para recuperar el monto invertido.
Debemos profundizar en el estudio en cuanto a la cantidad y características de los consumos y los ahorros que se podemos obtener, por lo que se hace necesario medir con datos objetivos los procesos energéticos que se producen, para determinar donde es posible y conveniente la aplicación de nuevas tecnologías.



Para edificios existentes el plazo estimado máximo que podemos establecer para que el proyecto sea rentable es de doce (12) años.



Cabe indicar que el análisis de mejora de eficiencia energética es mucho más complejo dado que es fundamental analizar las mejoras en la envolvente del edificio, como aislaciones, protecciones de ventanas, reducción de consumos de iluminación, etc.

Para concluir

En síntesis debemos:

- ↪ Hacer uso de tecnologías que permitan el aprovechamiento de energías alternativas
- ↪ Proyectar y ejecutar térmicamente el edificio.
- ↪ Proyectar y ejecutar un sistema eficiente de acondicionamiento térmico.
- ↪ En lo posible proyectar y ejecutar un sistema automático de acondicionamiento térmico.
- ↪ Análisis y Estudio de las inversiones

Por otro lado, el ambiente térmico que consideramos adecuado es, en parte, una construcción social. Vivimos en una sociedad de consumo y nuestros hábitos y comportamiento también está condicionado por el nivel socio-económico, los hábitos o la publicidad, que nos marcan un patrón de comportamiento del que no es fácil salir.

Es evidente que el nivel de vida de nuestra sociedad ha aumentado, y esto se traduce también en mayores exigencias de confort ambiental, en nuestras viviendas, en el lugar de trabajo o de ocio e incluso en la utilización del aire acondicionado en el automóvil. Todo esto hace que cada vez seamos menos resistentes a las variaciones de temperatura, en buena parte por la facilidad que tenemos para acceder a un ambiente artificial confortable que nos hace encender el aparato de aire acondicionado a la menor sensación de calor.

Es de gran importancia el control del consumo de energía de los edificios, especialmente en los de gran consumo del terciario.

La instalación y el mantenimiento de los sistemas de climatización son actividades que deben ser desarrolladas por personal que cuente con los conocimientos adecuados no solo técnicos sino también energéticos

Todos somos responsables en algún momento de regular la temperatura de un termostato, de encender, de apagar o comprar un aparato. El mismo edificio y la misma instalación pueden conducir a consumos energéticos completamente diferentes si lo utilizamos de una forma adecuada o no.

Se estima que la mayor parte del consumo eléctrico en climatización en el sector edificatorio se produce en los edificios del terciario, administrativos, comerciales, hoteles, centros de ocio, etc., con un 98% del consumo. El resto, un 2%, corresponde al sector doméstico

Es posible conseguir un ambiente confortable en los edificios consumiendo menos energía. Pero, para ello, es necesario el concurso de todos los agentes que intervienen en el proceso de la edificación. Tenemos que repensar el modo en que diseñamos nuestros edificios, para conseguir que estos demanden menos energía y garanticen el confort de las personas.

La mayor parte de las propuestas son conocidas, viables técnica y económicamente, están en el mercado desde hace tiempo o no tienen más coste que un buen diseño y, sin embargo, no se aplican.

De nada sirve conseguir eficiencia energética sino se hace uso racional de todos los servicios que demanden energía.

TABLA N° 1

CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO PARA LA REPUBLICA ARGENTINA

LAS CONDICIONES EXTERIORES DE VERANO SE ESTIMAN APROXIMADAMENTE A LAS 15 HORAS.
ESTADISTICAS CLIMATOLOGICAS - SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

| CIUDAD | LATITUD SUR | VERANO | | | | | INVIERNO | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|------------------------|-------|----------|-------------------|--------------|------------------------|-------|------|
| | | Rango diario | Vientos Velocidad | Direcc. dom. | Condiciones Exteriores | | | Vientos Velocidad | Direcc. dom. | Condiciones Exteriores | | |
| | | | | | TBS K | TBH K | HR % | | | TBS K | TBH K | HR % |
| AZUL | 36° 45' | 15,9 | 15 | N | 308 | 297 | 40 | 17 | SO | 271,1 | | 80 |
| BALCARSE | 37° 51' | 15 | 14 | NE | 307 | | 40 | 16 | SO | 271,8 | | 80 |
| BUENOS AIRES (aeroparque) | 34° 35' | 8,5 | 17 | E | 308 | 296,9 | 40 | 18 | SE | 273 | 272,4 | 80 |
| BUENOS AIRES | 34° 35' | 10,9 | 13 | NE | 308 | 296,9 | 40 | 11 | S | 273 | 272,4 | 80 |
| BAHIA BLANCA | 38° 44' | 15,3 | 28 | N | 307 | 295 | | 23 | O | 270 | 269 | |
| CARMEN DE PATAGONES | 40° 47' | 13,9 | 27 | N | 307 | 295 | 40 | 22 | O | 270 | 269 | 70 |
| CATAMARCA | 28° 26' | 12,6 | 20 | NE | 312,4 | 298 | 35 | 10 | S | 271,3 | 270,8 | 65 |
| CORDOBA | 31° 24' | 14,1 | 9 | NE | 311,9 | 298 | 40 | 12 | S | 269,1 | 268,6 | 75 |
| CORRIENTES | 27° 28' | 12,2 | 12 | NE | 310,8 | 298,6 | 45 | 14 | S | 278 | 277,4 | 75 |
| COMODORO RIVADAVIA | 45° 47' | 12 | 48 | O | 302,4 | 291,3 | 40 | 39 | O | 272,4 | 271,9 | 55 |
| CONCORDIA | 31° 23' | 14,4 | 10 | E | 310 | 300 | 45 | 13 | S | 275,7 | | 75 |
| DOLORES | 36° 16' | 14,3 | 19 | NE | 307 | | 40 | 18 | SO | 272,3 | | 80 |
| EZEIZA | 34° 50' | 12,8 | 13 | NE | 308 | 297 | | 16 | S | 271 | 270 | |
| FORMOSA | 26° 10' | 11,9 | 13 | N | 311,9 | 300,8 | 45 | 14 | S | 278,6 | 278 | 75 |
| GUALEGUAY | 33° 08' | 13,2 | 10 | N | 308 | 297 | | 12 | S | 273 | | 75 |
| LA PLATA | 34° 55' | 10,8 | 13 | NE | 308 | 297 | | 12 | SO | 273 | 272,4 | |
| LA RIOJA | 29° 23' | 14,7 | 13 | S | 313,5 | 299 | 40 | 10 | S | 271,5 | | 60 |
| MAR DEL PLATA | 38° 08' | 10,2 | 14 | N | 306,3 | | 45 | 24 | S | 272,4 | | 85 |
| MENDOZA | 32° 53' | 11,5 | 8 | NE | 310,8 | 296,3 | 40 | 8 | O | 268 | 267,4 | 60 |
| NECOCHEA | 38° 34' | 11,9 | 10 | N | 308 | 295 | | 27 | S | 273,6 | 272,4 | |
| PARANA | 31° 47' | 13 | 14 | N | 309,7 | 299,1 | 45 | 20 | S | 275,4 | | 75 |
| POSADAS | 27° 25' | 12,4 | 13 | NE | 311,3 | 300,8 | 45 | 14 | S | 274,7 | 273,6 | 75 |
| RESISTENCIA | 27° 28' | 11,3 | 8 | E | 310,8 | 298,6 | 45 | 14 | S | 278,6 | 278 | 70 |
| ROSARIO | 32° 55' | 13,9 | 11 | NE | 310,2 | 298,6 | 40 | 17 | S | 272,4 | 271,3 | 80 |
| SALTA | 24° 51' | 12,5 | 10 | NE | 306,9 | 297,4 | 40 | 8 | O | 269,1 | 268,6 | 65 |
| SANTA ROSA | 36° 34' | 16,5 | 18 | N | 309 | 296 | 40 | 19 | SO | 268 | 267 | 65 |
| SAN JUAN | 31° 36' | 15,1 | 14 | S | 311,9 | 298 | 35 | 15 | S | 269,1 | 268,6 | 55 |
| SAN LUIS | 33° 16' | 14,3 | 20 | N | 309,1 | 296,3 | 30 | 8 | SO | 269,1 | 268,6 | 60 |
| SANTA CRUZ | 50° 01' | 13 | 19 | NE | 299,7 | 288,6 | | 26 | O | 266,3 | 265,8 | |
| SANTIAGO DEL ESTERO | 27° 46' | 14,2 | 17 | NE | 314,7 | 300,8 | 40 | 21 | S | 270,8 | 269,7 | 65 |
| SAN MIGUEL DE TUCUMAN | 26° 48' | 11,6 | 13 | N | 310,2 | 299,1 | | 10 | SO | 272,4 | 271,9 | |
| SANTA FE | 31° 40' | 13,1 | 10 | NE | 309,7 | 299,1 | 40 | 11 | SO | 274,7 | 274,1 | 80 |
| SAN CARLOS DE BARILOCHE | 41° 06' | 15 | 12 | O | 299,7 | 289,7 | | 30 | NO | 268,6 | 268 | |
| TRELEW | 43° 14' | 14,4 | 26 | O | 307 | 295 | 35 | 22 | O | 267 | 266 | 60 |
| USHUAIA | | | | | | | | | | 261 | | 70 |

TABLA N° 2

CONDICIONES DE PROYECTO RECOMENDADAS PARA AMBIENTE INTERIOR *

| TIPO DE APLICACIÓN | INVIERNO | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Con humectación | | | Sin humectación | |
| | Temperatura Seca K | Humedad Relativa % | Variación de Temperatura K** | Temperatura Seca K | Variación de Temperatura K*** |
| CONFORT GENERAL Departamentos, chalet, hotel oficina, colegio, hospital, etc. | 296 - 297 | 35 - 30 | -1,5 a -2 | 297 - 298 | -2 |
| TIENDAS COMERCIALES (Ocupación de corta duración) Banco, peluquería, supermercado, grandes almacenes, etc. | 295 -296 | 35 - 30 **** | -1,5 a -2 | 298 - 299 | -2 |
| APLICACIONES DE BAJO FACTOR DE CALOR SENSIBLE (Carga latente elevada) Auditorio, iglesia, bar, restaurante, cocina, etc. | 295 -296 | 40 - 35 | -1 a -2 | 298 - 299 | -2 |
| CONFORT INDUSTRIAL Secciones de montaje, salas de maquinas, etc. | 293 - 295 | 35 -30 | -2 a -3 | 294 - 296 | -3 |

* La temperatura seca de proyecto para el ambiente interior debería ser reducida cuando hay paneles radiantes calientes, adyacentes a los ocupantes e incrementada cuando aquéllos que son fríos, , a fin de compensar el incremento o disminución con el calor radiante intercambiado desde el cuerpo. Un panel frío o caliente puede ser un cristal sin sombras o muros exteriores acristalados (calientes en verano, fríos en invierno), o tabiquesdelgados con espacios adyacentes calientes o fríos. Un suelo directamente sobre tierra y muros por debajo del nivel del suelo son paneles fríos durante el invierno y con frecuencia también durante el verano. Tanques calientes, hogares y máquinas son paneles calientes.

** La variación de temperatura es por encima de la posición del termostato durante la máxima carga térmica en verano.

*** La variación de temperatura es por encima de la posición del termostato durante la máxima carga térmica en invierno (Sin luces, ocupantes o aportaciones solares)

**** La humectación durante el invierno se recomienda para tiendas de confección, para conservar la calidad del género.

TABLA N° 3

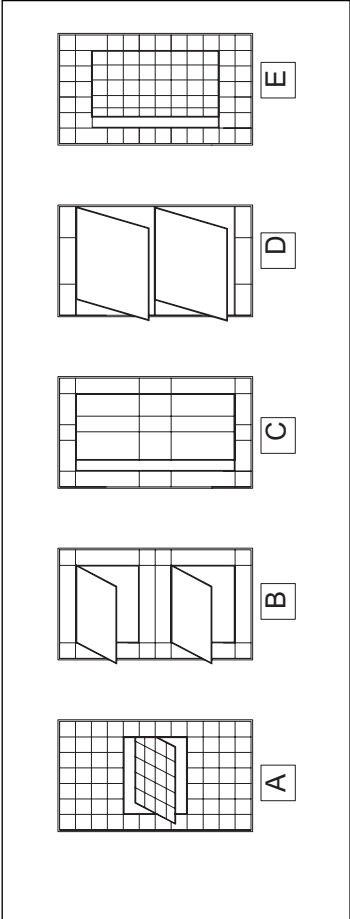
INFILTRACION POR PUERTAS Y VENTANAS - METODO DE LAS HENDIDURAS
INVIERNO

| VENTANA GUILLOTINA | | m3/h por metro lineal de hendidura | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | velocidad del viento km/h | | | | | | | | | | | |
| TIPO | CARACTERISTICAS DEL MARCO | 8 | | 16 | | 24 | | 32 | | 40 | | 48 | |
| | | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete |
| Marco de madera | Normal (hendidura 1,6 mm) | 0,7 | 0,4 | 2 | 1,2 | 3,6 | 2,2 | 5,5 | 3,3 | 7,4 | 4,6 | 9,6 | 5,8 |
| Marco de madera | Mal ajustado (hendidura 2,4 mm) | 2,5 | 0,6 | 6,4 | 1,8 | 10,3 | 3,2 | 14,5 | 4,7 | 18,4 | 6,6 | 23,4 | 8,5 |
| Doble ventana | Mal ajustado (hendidura 2,4 mm) | 1,3 | 0,3 | 3,2 | 0,9 | 5,2 | 1,6 | 7,2 | 2,4 | 8,9 | 3,3 | 11,7 | 4,2 |
| Marco metálico | | 1,8 | 0,6 | 4,4 | 1,8 | 6,8 | 2,9 | 9,6 | 4,3 | 12,8 | 5,6 | 15,6 | 7,1 |

Las infiltraciones debidas al efecto chimenea en invierno deben ser calculadas por separado.

DIFERENTES TIPOS DE VENTANAS
DE BATIENTES

VISTA EXTERIOR



| VENTANA DE BATIENTES | | m3/h por metro lineal de hendidura | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | velocidad del viento km/h | | | | | | | | | | | |
| TIPO | CARACTERISTICAS | 8 | | 16 | | 24 | | 32 | | 40 | | 48 | |
| | | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete | Sin burlete | Con burlete |
| A | Hendidura 1,6 mm | 4,8 | 1,4 | 10 | 3,3 | 16,1 | 5,7 | 22,8 | 8 | 28,4 | 10,4 | 34,5 | 12,8 |
| B | Hendidura 0,8 mm | 1,8 | 0,6 | 4,8 | 1,7 | 8,2 | 3 | 10,8 | 4,3 | 13,9 | 5,6 | 16,7 | 6,8 |
| C (Puerta balcón) | Hendidura 1,2 mm | 0,6 | 0,3 | 1,7 | 0,9 | 3 | 1,7 | 4,3 | 2,4 | 5,6 | 3,2 | 6,8 | 3,5 |
| | Hendidura 0,4 mm | 1,3 | 0,7 | 3 | 1,7 | 4,8 | 3,5 | 7,1 | 5 | 9,3 | 6,7 | 11,7 | 8,5 |
| D | Hendidura 0,8 mm | 0,3 | 0,1 | 0,9 | 0,5 | 1,7 | 1,1 | 2,4 | 1,5 | 3,2 | 2,0 | 4,5 | 2,8 |
| | Hendidura 0,4 mm | 0,7 | 0,4 | 2,2 | 1,4 | 3,5 | 2,2 | 5 | 3,2 | 6,7 | 4,2 | 8,5 | 5,6 |
| E | Hendidura 0,8 mm | 2,8 | 1,1 | 8,1 | 2,8 | 13,4 | 5,1 | 17,3 | 6,8 | 20,6 | 8,1 | 22,2 | 9,1 |

Las infiltraciones debidas al efecto chimenea en invierno deben ser calculadas por separado.

TABLA N° 3

INFILTRACION POR PUERTAS Y VENTANAS - METODO DE LAS HENDIDURAS

INVIERNO

| PUERTAS * | | m3/h por metro lineal de hendidura | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| TIPO | CARACTERISTICAS | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |
| Puerta de Vidrio | Instalación correcta Hendidura 3 mm | 17,8 | 35,6 | 54,5 | 72,4 | 89,1 | 105,8 |
| | Instalación media Hendidura 5 mm | 26,7 | 55,6 | 78 | 111,4 | 133,8 | 161,7 |
| | Instalación mediocre Hendidura 6,5 mm | 35,6 | 72,4 | 105,8 | 144,9 | 144,9 | 211,9 |
| Puerta ordinaria madera o metal | Instalación correcta con burlete | 2,5 | 3,3 | 5 | 7,2 | 9,5 | 11,7 |
| | Instalación media sin burlete | 5 | 6,7 | 10 | 14,5 | 18,4 | 23,4 |
| | Instalación mediocre sin burlete | 5 | 12,8 | 20,6 | 29 | 36,8 | 46,8 |
| Puerta de fabrica | Hendidura 3 mm | 0,3 | 35,6 | 54,5 | 72,4 | 89,1 | 105,8 |

Las infiltraciones debidas al efecto chimenea en invierno deben ser calculadas por separado.

* Las infiltraciones debidas a la utilización de las puertas no ha sido considerada. Véase lasiguiente tabla.

| PUERTA EN FACHADA | | m3/h por metro lineal de hendidura | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------|-------------------------------|--|
| viento 24 km/h | Velocidad del | Utilización poco frecuente | Inmueble de una o dos plantas | Utilización media |
| | | | | Inmueble alto (m) |
| | | | | 15 30 60 |
| PUERTA GIRA TORIA | | 29 | 192 | 230 |
| PUERTA DE VIDRIO - Hendidura 5 mm | | 165 | 549 | 659 |
| PEQUEÑA PUERTA DE FABRICA | | 37 | 238 | 284 |
| PUERTA DE GARAGE O DE CARGA | | 73 | 238 | |
| PUERTA DE GARAGE | | 73 | 247 | |

Todos los valores están establecidos suponiendo que la dirección del viento es normal a la puerta.

Si la dirección del viento es oblicua, multiplicar estos valores por 0,6 y considerar el área total de las puertas en la fachada opuesta.

Estos valores tienen en cuenta una velocidad del viento de 24 km/h, para velocidades diferentes multiplicar por el cociente de la velocidad considerada dividido por 24.

Para puertas situadas en dos fachadas opuestas multiplicar los valores anteriores por 1,25. En caso de una utilización moderada de la puerta la presencia de un vestibulo permite disminuir las infiltraciones en una proporción que puede alcanzar el 30 %.Por el contrario, la eficacia del vetíbulo se anula cuando la utilización es intensa.

TABLA Nº 4

**RENOVACIONES DE AIRE POR INFILTRACIÓN
INVIERNO**

| CLASE DE LOCAL | Nº de renovaciones por hora de aire del local | |
|---|---|-------------|
| | Sin burlete | Con burlete |
| Sin paredes que dan al exterior | 0,5 | --- |
| Una pared al exterior con ventana normal | 1 | 0,7 |
| Dos paredes al exterior con ventana normal o una ventana grande | 1,5 | 1 |
| Con más paredes al exterior | 2 | 1,4 |
| Locales de circulación vestibulo de entrada, baños, cocinas, etc. | 2 | 1,4 |

En general no debe sobrepasarse en ningún local el valor de 2 renovaciones horarias.

TABLA N° 5

APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 Kcal/hora x (m² de abertura)

| O° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | O° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----------------------------|-----|-----|---|-----|--|-----|--|-----|-----|------------|-------------|--------------------------------------|--|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca | |
| 22 de Diciembre | S | 0 | 122 | 176 | 200 | 211 | 217 | 222 | 217 | 211 | 200 | 176 | 122 | 0 | N | 21 de Junio | |
| | SE | 0 | 322 | 423 | 417 | 360 | 267 | 143 | 54 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 314 | 398 | 366 | 252 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 100 | 113 | 73 | 40 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 40 | 73 | 113 | 100 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 252 | 366 | 398 | 314 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 54 | 143 | 267 | 360 | 417 | 483 | 322 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 75 | 235 | 398 | 518 | 588 | 612 | 588 | 518 | 398 | 235 | 75 | 0 | Horizontal | | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 0 | 100 | 146 | 165 | 176 | 179 | 181 | 179 | 176 | 165 | 146 | 100 | 0 | N | 21 de mayo y 22 de julio | |
| | SE | 0 | 320 | 414 | 406 | 336 | 233 | 116 | 43 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 328 | 410 | 377 | 260 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 124 | 141 | 97 | 48 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 48 | 97 | 141 | 124 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 260 | 377 | 412 | 328 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 44 | 116 | 233 | 336 | 406 | 414 | 320 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 78 | 246 | 409 | 528 | 605 | 631 | 604 | 528 | 409 | 263 | 84 | 0 | Horizontal | | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 0 | 46 | 75 | 84 | 89 | 92 | 92 | 92 | 89 | 84 | 75 | 46 | 0 | N | 20 de abril y 24 de agosto | |
| | SE | 0 | 298 | 382 | 360 | 276 | 165 | 65 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 349 | 442 | 401 | 279 | 125 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 181 | 214 | 176 | 94 | 41 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 40 | 94 | 176 | 214 | 181 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 124 | 279 | 401 | 442 | 349 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 65 | 165 | 276 | 360 | 382 | 298 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 84 | 263 | 442 | 558 | 634 | 664 | 634 | 558 | 406 | 263 | 84 | 0 | Horizontal | | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre | |
| | SE | 0 | 257 | 320 | 273 | 184 | 84 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 363 | 452 | 409 | 290 | 127 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 257 | 320 | 273 | 184 | 84 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 84 | 184 | 273 | 320 | 257 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 127 | 290 | 409 | 452 | 363 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 84 | 184 | 273 | 320 | 257 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 86 | 263 | 442 | 569 | 650 | 678 | 650 | 569 | 442 | 271 | 86 | 0 | Horizontal | | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre | |
| | SE | 0 | 181 | 214 | 176 | 94 | 40 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 349 | 442 | 401 | 279 | 124 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 298 | 382 | 360 | 276 | 165 | 65 | 38 | 38 | 35 | 32 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 46 | 75 | 84 | 89 | 92 | 92 | 92 | 89 | 84 | 75 | 46 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 65 | 165 | 276 | 360 | 382 | 298 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 124 | 279 | 401 | 442 | 349 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 40 | 94 | 176 | 214 | 181 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 84 | 263 | 406 | 558 | 634 | 664 | 634 | 558 | 406 | 263 | 84 | 0 | Horizontal | | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre | |
| | SE | 0 | 124 | 141 | 97 | 48 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 328 | 412 | 377 | 260 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 320 | 414 | 406 | 336 | 233 | 116 | 43 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 100 | 146 | 165 | 176 | 179 | 181 | 179 | 176 | 165 | 146 | 100 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 43 | 116 | 233 | 336 | 406 | 414 | 320 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 260 | 377 | 412 | 328 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 48 | 97 | 141 | 124 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 78 | 246 | 409 | 528 | 604 | 631 | 604 | 528 | 409 | 246 | 78 | 0 | Horizontal | | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | N | 22 de Diciembre | |
| | SE | 0 | 100 | 113 | 73 | 40 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 314 | 398 | 366 | 252 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 322 | 423 | 417 | 360 | 257 | 143 | 54 | 38 | 35 | 29 | 16 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 122 | 176 | 200 | 211 | 217 | 222 | 217 | 211 | 200 | 176 | 122 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 54 | 143 | 257 | 360 | 417 | 423 | 322 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 252 | 366 | 398 | 314 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 40 | 73 | 113 | 100 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 75 | 235 | 398 | 518 | 588 | 612 | 588 | 518 | 398 | 235 | 75 | 0 | Horizontal | | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | Altitud +0,7 % por 300 m | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | | | | |

TABLA N° 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| O° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | O° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|------------|--|-------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 0 | 142 | 204 | 232 | 245 | 252 | 258 | 252 | 245 | 232 | 204 | 142 | 0 | N | 21 de Junio |
| | SE | 0 | 374 | 491 | 484 | 418 | 310 | 166 | 63 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 364 | 462 | 425 | 292 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 116 | 131 | 85 | 46 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 46 | 85 | 131 | 116 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 292 | 425 | 462 | 364 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 63 | 166 | 310 | 418 | 484 | 560 | 374 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 87 | 273 | 462 | 601 | 682 | 710 | 682 | 601 | 462 | 273 | 87 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 0 | 116 | 169 | 191 | 204 | 208 | 210 | 208 | 204 | 191 | 169 | 116 | 0 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 0 | 371 | 480 | 471 | 390 | 270 | 135 | 50 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 380 | 476 | 437 | 302 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 144 | 164 | 113 | 56 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 56 | 113 | 164 | 144 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 302 | 437 | 478 | 380 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 51 | 135 | 270 | 390 | 471 | 480 | 371 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 90 | 285 | 474 | 612 | 702 | 732 | 701 | 612 | 474 | 305 | 97 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 0 | 53 | 87 | 97 | 103 | 107 | 107 | 103 | 97 | 87 | 53 | 0 | N | 20 de abril y 24 de agosto | |
| | SE | 0 | 346 | 443 | 418 | 320 | 191 | 75 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | NE |
| | E | 0 | 405 | 513 | 465 | 324 | 145 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | E |
| | NE | 0 | 210 | 248 | 204 | 109 | 48 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | SE |
| | N | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | SE |
| | NO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 46 | 109 | 204 | 248 | 210 | 0 | | SO |
| | O | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 144 | 324 | 465 | 513 | 405 | 0 | | O |
| | SO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 75 | 191 | 320 | 418 | 443 | 346 | 0 | | NO |
| Horizontal | 0 | 97 | 305 | 513 | 647 | 735 | 770 | 735 | 647 | 471 | 305 | 97 | 0 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre | |
| | SE | 0 | 298 | 371 | 317 | 213 | 97 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | NE |
| | E | 0 | 421 | 524 | 474 | 336 | 147 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | E |
| | NE | 0 | 298 | 371 | 317 | 213 | 97 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | SE |
| | N | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | | SE |
| | NO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 97 | 213 | 317 | 371 | 298 | 0 | | SO |
| | O | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 147 | 336 | 474 | 524 | 421 | 0 | | O |
| | SO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 97 | 213 | 317 | 371 | 298 | 0 | | NO |
| Horizontal | 0 | 100 | 305 | 513 | 660 | 754 | 786 | 754 | 660 | 513 | 314 | 100 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 210 | 248 | 204 | 109 | 46 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 405 | 513 | 465 | 324 | 144 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 346 | 443 | 418 | 320 | 191 | 75 | 44 | 44 | 41 | 37 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 53 | 87 | 97 | 103 | 107 | 107 | 103 | 97 | 87 | 53 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 75 | 191 | 320 | 418 | 443 | 346 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 144 | 324 | 465 | 513 | 405 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 46 | 109 | 204 | 248 | 210 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 97 | 305 | 471 | 647 | 735 | 770 | 735 | 647 | 471 | 305 | 97 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 144 | 164 | 113 | 56 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 380 | 478 | 437 | 302 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 371 | 480 | 471 | 390 | 270 | 135 | 50 | 44 | 41 | 346 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 116 | 169 | 191 | 204 | 208 | 210 | 208 | 204 | 191 | 169 | 116 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 50 | 135 | 270 | 390 | 471 | 480 | 371 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 302 | 437 | 478 | 380 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 56 | 113 | 164 | 144 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 90 | 285 | 474 | 612 | 701 | 732 | 701 | 612 | 474 | 285 | 90 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 116 | 131 | 85 | 46 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 364 | 462 | 425 | 292 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 374 | 491 | 484 | 418 | 298 | 166 | 63 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 142 | 204 | 232 | 245 | 252 | 258 | 252 | 245 | 232 | 204 | 142 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 63 | 166 | 298 | 418 | 484 | 491 | 374 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 292 | 425 | 462 | 364 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 46 | 85 | 131 | 116 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 87 | 273 | 462 | 601 | 682 | 710 | 682 | 601 | 462 | 273 | 87 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | | | Altitud +0,7 % por 300 m | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales
 Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

TABLA Nº 5

APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
Kcal/hora x (m² de abertura)

| 10° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | 10° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|-----|--|-------------|--------------------------------------|--|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca | |
| 22 de Diciembre | S | 51 | 119 | 135 | 122 | 119 | 116 | 111 | 116 | 119 | 122 | 135 | 119 | 5 | N | 21 de Junio | |
| | SE | 149 | 355 | 414 | 379 | 287 | 176 | 75 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 5 | NE | | |
| | E | 146 | 363 | 420 | 377 | 265 | 111 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 5 | E | | |
| | NE | 48 | 132 | 149 | 116 | 67 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 5 | SE | | |
| | N | 5 | 21 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 5 | SE | | |
| | NO | 5 | 21 | 21 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 67 | 116 | 149 | 132 | 48 | SO | | |
| | O | 5 | 21 | 21 | 35 | 38 | 38 | 38 | 111 | 265 | 377 | 420 | 363 | 146 | O | | |
| | SO | 5 | 21 | 21 | 35 | 38 | 48 | 75 | 176 | 287 | 379 | 414 | 355 | 149 | NO | | |
| Horizontal | 10 | 119 | 290 | 450 | 556 | 631 | 659 | 631 | 556 | 450 | 290 | 119 | 10 | Horizontal | | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 13 | 92 | 105 | 94 | 89 | 84 | 81 | 84 | 89 | 94 | 105 | 92 | 13 | N | 21 de mayo y 22 de julio | |
| | SE | 113 | 344 | 401 | 360 | 295 | 151 | 59 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | NE | | |
| | E | 135 | 366 | 428 | 385 | 265 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | E | | |
| | NE | 70 | 254 | 179 | 151 | 86 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | SE | | |
| | N | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | SE | | |
| | NO | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 86 | 151 | 179 | 154 | 70 | SO | | |
| | O | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 265 | 385 | 428 | 364 | 135 | O | | |
| | SO | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 59 | 151 | 295 | 360 | 401 | 344 | 113 | NO | | |
| Horizontal | 8 | 113 | 290 | 450 | 569 | 640 | 669 | 640 | 569 | 450 | 290 | 113 | 8 | Horizontal | | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 2 | 40 | 43 | 40 | 40 | 38 | 38 | 38 | 40 | 40 | 43 | 40 | 2 | N | 20 de abril y 24 de agosto | |
| | SE | 46 | 306 | 352 | 301 | 217 | 92 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | NE | | |
| | E | 67 | 374 | 442 | 404 | 282 | 124 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | E | | |
| | NE | 48 | 214 | 254 | 230 | 162 | 73 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | SE | | |
| | N | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 19 | 2 | SE | | |
| | NO | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 73 | 162 | 230 | 254 | 214 | 48 | SO | | |
| | O | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 124 | 282 | 404 | 442 | 374 | 67 | O | | |
| | SO | 2 | 19 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 92 | 217 | 301 | 352 | 306 | 46 | NO | | |
| Horizontal | 5 | 103 | 284 | 452 | 577 | 656 | 678 | 656 | 577 | 452 | 284 | 103 | 5 | Horizontal | | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 2 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 2 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre | |
| | SE | 2 | 241 | 279 | 217 | 122 | 46 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 2 | NE | | |
| | E | 2 | 352 | 444 | 409 | 287 | 127 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 2 | E | | |
| | NE | 2 | 263 | 344 | 330 | 254 | 151 | 57 | 38 | 38 | 35 | 29 | 16 | 2 | SE | | |
| | N | 2 | 16 | 35 | 51 | 65 | 73 | 75 | 73 | 65 | 51 | 35 | 16 | 2 | SE | | |
| | NO | 2 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 57 | 151 | 254 | 330 | 344 | 263 | 2 | SO | | |
| | O | 2 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 127 | 287 | 409 | 444 | 352 | 2 | O | | |
| | SO | 2 | 16 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 46 | 122 | 217 | 279 | 241 | 2 | NO | | |
| Horizontal | 2 | 84 | 263 | 433 | 561 | 637 | 669 | 637 | 561 | 433 | 263 | 84 | 2 | Horizontal | | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 13 | 27 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 27 | 13 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre | |
| | SE | 0 | 157 | 179 | 119 | 75 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 27 | 13 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 320 | 420 | 393 | 271 | 108 | 38 | 38 | 38 | 35 | 27 | 13 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 279 | 398 | 404 | 333 | 219 | 124 | 48 | 38 | 35 | 27 | 13 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 48 | 108 | 149 | 176 | 192 | 198 | 192 | 176 | 149 | 108 | 48 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 13 | 27 | 35 | 38 | 48 | 124 | 219 | 333 | 404 | 398 | 279 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 13 | 27 | 35 | 38 | 38 | 38 | 108 | 271 | 393 | 420 | 320 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 13 | 27 | 35 | 38 | 38 | 38 | 75 | 119 | 179 | 157 | 0 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 59 | 230 | 377 | 523 | 596 | 623 | 596 | 523 | 377 | 230 | 59 | 0 | Horizontal | | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre | |
| | SE | 0 | 73 | 100 | 46 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 268 | 387 | 358 | 252 | 105 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 268 | 414 | 436 | 396 | 295 | 189 | 84 | 46 | 32 | 24 | 10 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 94 | 176 | 246 | 260 | 282 | 287 | 282 | 260 | 246 | 176 | 94 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 10 | 24 | 32 | 46 | 84 | 189 | 295 | 396 | 436 | 414 | 298 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 105 | 252 | 358 | 387 | 268 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 46 | 100 | 73 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 46 | 168 | 355 | 474 | 547 | 569 | 547 | 474 | 355 | 168 | 46 | 0 | Horizontal | | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | N | 22 de Diciembre | |
| | SE | 0 | 40 | 75 | 46 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 233 | 371 | 352 | 246 | 113 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 268 | 417 | 442 | 404 | 328 | 214 | 97 | 62 | 32 | 24 | 10 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 135 | 200 | 254 | 295 | 314 | 325 | 314 | 295 | 254 | 200 | 135 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 10 | 24 | 32 | 62 | 97 | 214 | 328 | 404 | 442 | 417 | 268 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 113 | 246 | 352 | 371 | 233 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 46 | 75 | 40 | 0 | NO | | |
| Horizontal | 0 | 38 | 179 | 325 | 452 | 523 | 547 | 523 | 452 | 325 | 179 | 38 | 0 | Horizontal | | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | Altitud +0,7 % por 300 m | | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | |

TABLA Nº 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| 10º LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 10º LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----|-----------------------------|-----|---|-----|--|-----|--|-----|-----|------------|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 59 | 138 | 157 | 142 | 138 | 135 | 129 | 135 | 138 | 142 | 157 | 138 | 6 | N | 21 de Junio |
| | SE | 173 | 412 | 480 | 440 | 333 | 204 | 87 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 6 | NE | |
| | E | 169 | 421 | 487 | 437 | 307 | 129 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 6 | E | |
| | NE | 56 | 153 | 173 | 135 | 78 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 6 | SE | |
| | N | 6 | 24 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 6 | SE | |
| | NO | 6 | 24 | 24 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 78 | 135 | 173 | 153 | 56 | SO | |
| | O | 6 | 24 | 24 | 41 | 44 | 44 | 44 | 129 | 307 | 437 | 487 | 421 | 169 | O | |
| | SO | 6 | 24 | 24 | 41 | 44 | 56 | 87 | 204 | 333 | 440 | 480 | 412 | 173 | NO | |
| Horizontal | 12 | 138 | 336 | 522 | 645 | 732 | 764 | 732 | 645 | 522 | 336 | 138 | 12 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 15 | 107 | 122 | 109 | 103 | 97 | 94 | 97 | 103 | 109 | 122 | 107 | 15 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 131 | 399 | 465 | 418 | 342 | 175 | 68 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | NE | |
| | E | 157 | 425 | 496 | 447 | 307 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | E | |
| | NE | 81 | 295 | 208 | 175 | 100 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | SE | |
| | N | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | SE | |
| | NO | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 100 | 175 | 208 | 179 | 81 | SO | |
| | O | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 307 | 447 | 496 | 422 | 157 | O | |
| | SO | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 68 | 175 | 342 | 418 | 465 | 399 | 131 | NO | |
| Horizontal | 9 | 131 | 336 | 522 | 660 | 742 | 776 | 742 | 660 | 522 | 336 | 131 | 9 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 2 | 46 | 50 | 46 | 46 | 44 | 44 | 44 | 46 | 46 | 50 | 46 | 2 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 53 | 355 | 408 | 349 | 252 | 107 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | NE | |
| | E | 78 | 434 | 513 | 469 | 327 | 144 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | E | |
| | NE | 56 | 248 | 295 | 267 | 188 | 85 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | SE | |
| | N | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 2 | SE | |
| | NO | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 85 | 188 | 267 | 295 | 248 | 56 | SO | |
| | O | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 144 | 327 | 469 | 513 | 434 | 78 | O | |
| | SO | 2 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 107 | 252 | 349 | 408 | 355 | 53 | NO | |
| Horizontal | 6 | 119 | 329 | 524 | 669 | 741 | 786 | 761 | 669 | 524 | 329 | 119 | 6 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 2 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 2 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 2 | 280 | 324 | 252 | 142 | 53 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 2 | NE | |
| | E | 2 | 408 | 515 | 474 | 333 | 147 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 2 | E | |
| | NE | 2 | 305 | 399 | 383 | 295 | 175 | 66 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 2 | SE | |
| | N | 2 | 19 | 41 | 59 | 75 | 85 | 87 | 85 | 75 | 59 | 41 | 19 | 2 | SE | |
| | NO | 2 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 66 | 175 | 295 | 383 | 399 | 305 | 2 | SO | |
| | O | 2 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 147 | 333 | 474 | 515 | 408 | 2 | O | |
| | SO | 2 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 53 | 142 | 252 | 324 | 280 | 2 | NO | |
| Horizontal | 2 | 97 | 305 | 502 | 651 | 739 | 776 | 739 | 651 | 502 | 305 | 97 | 2 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 15 | 31 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 31 | 15 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 182 | 208 | 138 | 87 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 31 | 15 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 371 | 487 | 456 | 314 | 125 | 44 | 44 | 44 | 41 | 31 | 15 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 324 | 462 | 469 | 386 | 254 | 144 | 56 | 44 | 41 | 31 | 15 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 56 | 125 | 173 | 204 | 223 | 230 | 223 | 204 | 173 | 125 | 56 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 15 | 31 | 41 | 44 | 56 | 144 | 254 | 386 | 469 | 462 | 324 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 15 | 31 | 41 | 44 | 44 | 44 | 125 | 314 | 456 | 487 | 371 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 15 | 31 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 87 | 138 | 208 | 182 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 68 | 267 | 437 | 607 | 691 | 723 | 691 | 607 | 437 | 267 | 68 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 85 | 116 | 53 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 311 | 449 | 415 | 292 | 122 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 311 | 480 | 506 | 459 | 342 | 219 | 97 | 53 | 37 | 28 | 12 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 109 | 204 | 285 | 302 | 327 | 333 | 327 | 302 | 285 | 204 | 109 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 12 | 28 | 37 | 53 | 97 | 219 | 342 | 459 | 506 | 480 | 346 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 122 | 292 | 415 | 449 | 311 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 53 | 116 | 85 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 53 | 195 | 412 | 550 | 635 | 660 | 635 | 550 | 412 | 195 | 53 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 46 | 87 | 53 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 270 | 430 | 408 | 285 | 131 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 311 | 484 | 513 | 469 | 380 | 248 | 113 | 72 | 37 | 28 | 12 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 157 | 232 | 295 | 342 | 364 | 377 | 364 | 342 | 295 | 232 | 157 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 12 | 28 | 37 | 72 | 113 | 248 | 380 | 469 | 513 | 484 | 311 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 131 | 285 | 408 | 430 | 270 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 53 | 87 | 46 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 44 | 208 | 377 | 524 | 607 | 635 | 607 | 524 | 377 | 208 | 44 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | | | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales
 Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

Kcal/hora x (m² de abertura)442

TABLA N° 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| 20° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | 20° LATITUD NORTE | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----|--------------------------|-----|---|-----|--|-----|------------------------------------|-----|-----|-------------------|-------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 88 | 129 | 104 | 79 | 59 | 53 | 46 | 53 | 59 | 78 | 104 | 129 | 87 | N | 21 de Junio |
| | SE | 254 | 484 | 452 | 383 | 261 | 119 | 46 | 44 | 44 | 44 | 37 | 28 | 9 | NE | |
| | E | 254 | 465 | 503 | 449 | 302 | 129 | 44 | 44 | 44 | 44 | 37 | 28 | 9 | E | |
| | NE | 87 | 195 | 230 | 208 | 138 | 66 | 44 | 44 | 44 | 44 | 37 | 28 | 9 | SE | |
| | N | 9 | 28 | 37 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 37 | 28 | 9 | SE | |
| | NO | 9 | 28 | 37 | 44 | 44 | 44 | 44 | 66 | 138 | 208 | 230 | 195 | 87 | SO | |
| | O | 9 | 28 | 37 | 44 | 44 | 44 | 44 | 129 | 302 | 449 | 503 | 465 | 255 | O | |
| | SO | 9 | 28 | 37 | 44 | 44 | 44 | 46 | 119 | 261 | 383 | 452 | 484 | 255 | NO | |
| Horizontal | 35 | 188 | 380 | 553 | 679 | 730 | 786 | 730 | 679 | 553 | 380 | 188 | 35 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 63 | 87 | 72 | 53 | 46 | 44 | 44 | 44 | 46 | 53 | 72 | 87 | 63 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 223 | 415 | 434 | 349 | 230 | 97 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 24 | 9 | NE | |
| | E | 235 | 465 | 513 | 456 | 311 | 144 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 24 | 9 | E | |
| | NE | 97 | 219 | 267 | 248 | 179 | 90 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 24 | 9 | SE | |
| | N | 9 | 24 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 24 | 9 | SE | |
| | NO | 9 | 24 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 90 | 179 | 248 | 267 | 219 | 97 | SO | |
| | O | 9 | 24 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 144 | 311 | 456 | 513 | 465 | 235 | O | |
| | SO | 9 | 24 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 97 | 230 | 349 | 434 | 415 | 223 | NO | |
| Horizontal | 9 | 173 | 371 | 550 | 679 | 754 | 789 | 754 | 679 | 550 | 371 | 173 | 9 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 19 | 31 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 31 | 19 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 142 | 349 | 371 | 280 | 157 | 56 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 6 | NE | |
| | E | 166 | 447 | 519 | 469 | 333 | 160 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 6 | E | |
| | NE | 90 | 280 | 355 | 339 | 307 | 173 | 63 | 44 | 44 | 41 | 34 | 22 | 6 | SE | |
| | N | 6 | 22 | 34 | 44 | 63 | 75 | 81 | 75 | 63 | 44 | 34 | 22 | 6 | SE | |
| | NO | 6 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 63 | 173 | 307 | 339 | 355 | 280 | 90 | SO | |
| | O | 6 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 160 | 333 | 469 | 519 | 447 | 166 | O | |
| | SO | 6 | 22 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 56 | 157 | 280 | 371 | 349 | 142 | NO | |
| Horizontal | 15 | 151 | 336 | 524 | 660 | 739 | 776 | 739 | 660 | 524 | 336 | 151 | 15 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 261 | 273 | 186 | 68 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 408 | 513 | 469 | 327 | 142 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 311 | 427 | 440 | 377 | 263 | 129 | 46 | 44 | 41 | 34 | 19 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 24 | 68 | 119 | 164 | 197 | 204 | 200 | 164 | 119 | 68 | 24 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 46 | 129 | 263 | 377 | 440 | 427 | 311 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 142 | 327 | 469 | 513 | 408 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 19 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 68 | 186 | 273 | 261 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 94 | 292 | 480 | 623 | 708 | 732 | 708 | 623 | 480 | 292 | 94 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 138 | 164 | 90 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 311 | 462 | 443 | 314 | 153 | 44 | 44 | 41 | 24 | 28 | 12 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 285 | 459 | 502 | 469 | 374 | 232 | 85 | 41 | 37 | 28 | 12 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 66 | 157 | 239 | 292 | 333 | 349 | 333 | 292 | 239 | 157 | 66 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 85 | 232 | 374 | 469 | 502 | 459 | 285 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 153 | 314 | 443 | 462 | 311 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 90 | 164 | 138 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 56 | 213 | 399 | 537 | 616 | 654 | 616 | 537 | 399 | 213 | 56 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 9 | 24 | 34 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 34 | 24 | 9 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 75 | 81 | 44 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 34 | 24 | 9 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 223 | 403 | 399 | 285 | 135 | 41 | 41 | 41 | 34 | 24 | 9 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 230 | 452 | 515 | 496 | 425 | 285 | 144 | 50 | 34 | 24 | 9 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 87 | 217 | 314 | 386 | 427 | 443 | 427 | 386 | 314 | 217 | 87 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 9 | 24 | 34 | 50 | 144 | 285 | 425 | 496 | 515 | 452 | 230 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 9 | 24 | 34 | 37 | 41 | 41 | 135 | 285 | 399 | 403 | 223 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 9 | 24 | 34 | 37 | 41 | 41 | 41 | 41 | 44 | 81 | 75 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 15 | 151 | 317 | 459 | 541 | 566 | 541 | 459 | 317 | 151 | 15 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 6 | 22 | 34 | 37 | 41 | 41 | 41 | 37 | 34 | 22 | 6 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 44 | 56 | 37 | 37 | 41 | 41 | 41 | 37 | 34 | 22 | 6 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 175 | 371 | 380 | 267 | 107 | 41 | 41 | 37 | 34 | 22 | 6 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 186 | 437 | 524 | 500 | 421 | 305 | 188 | 63 | 34 | 22 | 6 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 78 | 232 | 349 | 415 | 459 | 469 | 459 | 415 | 349 | 232 | 78 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 6 | 22 | 34 | 63 | 188 | 305 | 421 | 500 | 524 | 437 | 186 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 6 | 22 | 34 | 37 | 41 | 41 | 107 | 267 | 380 | 371 | 175 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 6 | 22 | 34 | 37 | 41 | 41 | 41 | 37 | 37 | 56 | 44 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 12 | 113 | 289 | 425 | 506 | 535 | 506 | 425 | 289 | 113 | 12 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | | | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales

Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

TABLA Nº 5

APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 Kcal/hora x (m² de abertura)

| 30° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 30° LATITUD NORTE | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|--------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|-----|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 89 | 78 | 48 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 48 | 78 | 89 | N | 21 de Junio |
| | SE | 284 | 377 | 352 | 263 | 149 | 51 | 38 | 38 | 38 | 38 | 32 | 27 | 13 | NE | |
| | E | 292 | 423 | 436 | 387 | 265 | 119 | 38 | 38 | 38 | 38 | 32 | 27 | 13 | E | |
| | NE | 113 | 203 | 244 | 244 | 198 | 119 | 46 | 38 | 38 | 38 | 32 | 27 | 13 | SE | |
| | N | 13 | 27 | 32 | 38 | 40 | 51 | 57 | 51 | 40 | 38 | 32 | 27 | 13 | SE | |
| | NO | 13 | 27 | 32 | 38 | 38 | 38 | 46 | 119 | 198 | 244 | 244 | 203 | 113 | SO | |
| | O | 13 | 27 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 119 | 265 | 387 | 436 | 423 | 292 | O | |
| | SO | 13 | 27 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 51 | 149 | 263 | 352 | 377 | 284 | NO | |
| Horizontal | 51 | 165 | 355 | 488 | 588 | 650 | 678 | 650 | 588 | 488 | 355 | 165 | 51 | Horizontal | | |
| y 21 de Enero de noviembre | S | 59 | 54 | 38 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 38 | 54 | 59 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 252 | 355 | 333 | 241 | 124 | 43 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | NE | |
| | E | 270 | 420 | 444 | 393 | 268 | 119 | 38 | 38 | 38 | 25 | 32 | 24 | 10 | E | |
| | NE | 113 | 222 | 271 | 271 | 225 | 143 | 59 | 38 | 38 | 35 | 32 | 24 | 10 | SE | |
| | N | 10 | 24 | 32 | 38 | 54 | 73 | 81 | 73 | 54 | 38 | 32 | 24 | 10 | SE | |
| | NO | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 143 | 225 | 271 | 271 | 222 | 113 | SO | |
| | O | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 119 | 268 | 393 | 444 | 420 | 271 | O | |
| | SO | 10 | 24 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 43 | 124 | 241 | 333 | 355 | 252 | NO | |
| Horizontal | 40 | 179 | 333 | 477 | 580 | 640 | 667 | 640 | 580 | 477 | 333 | 179 | 40 | Horizontal | | |
| y 20 de febrero de octubre | S | 16 | 21 | 29 | 35 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 35 | 29 | 21 | 16 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 149 | 292 | 271 | 179 | 73 | 38 | 38 | 38 | 35 | 35 | 29 | 21 | 5 | NE | |
| | E | 179 | 398 | 447 | 401 | 276 | 124 | 38 | 38 | 35 | 35 | 29 | 21 | 5 | E | |
| | NE | 100 | 265 | 344 | 349 | 303 | 222 | 105 | 40 | 35 | 35 | 29 | 21 | 5 | SE | |
| | N | 5 | 21 | 35 | 73 | 127 | 157 | 170 | 157 | 127 | 73 | 35 | 21 | 5 | SE | |
| | NO | 5 | 21 | 29 | 35 | 35 | 40 | 105 | 222 | 303 | 349 | 344 | 265 | 100 | SO | |
| | O | 5 | 21 | 29 | 35 | 35 | 38 | 38 | 124 | 276 | 401 | 447 | 398 | 179 | O | |
| | SO | 5 | 21 | 29 | 35 | 35 | 38 | 38 | 73 | 179 | 271 | 292 | 149 | 100 | NO | |
| Horizontal | 16 | 127 | 290 | 436 | 542 | 610 | 637 | 610 | 542 | 436 | 290 | 127 | 16 | Horizontal | | |
| y 22 de marzo de septiembre | S | 0 | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 200 | 244 | 108 | 40 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 336 | 428 | 390 | 279 | 130 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 265 | 355 | 412 | 382 | 306 | 181 | 67 | 35 | 32 | 27 | 13 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 24 | 48 | 162 | 222 | 265 | 284 | 265 | 222 | 162 | 48 | 24 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 13 | 27 | 32 | 35 | 67 | 181 | 306 | 382 | 412 | 355 | 265 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 130 | 279 | 390 | 428 | 336 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 40 | 108 | 244 | 200 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 67 | 219 | 366 | 485 | 547 | 574 | 547 | 485 | 366 | 219 | 67 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 8 | 21 | 29 | 32 | 35 | 38 | 35 | 32 | 29 | 21 | 8 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 89 | 105 | 48 | 32 | 35 | 38 | 35 | 32 | 29 | 21 | 8 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 214 | 366 | 358 | 254 | 116 | 38 | 35 | 32 | 29 | 21 | 8 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 198 | 385 | 442 | 431 | 368 | 249 | 127 | 40 | 29 | 21 | 8 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 48 | 154 | 249 | 328 | 377 | 393 | 377 | 328 | 249 | 154 | 48 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 8 | 21 | 29 | 40 | 127 | 249 | 368 | 431 | 442 | 385 | 198 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 8 | 21 | 29 | 32 | 35 | 38 | 116 | 254 | 358 | 366 | 214 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 8 | 21 | 29 | 32 | 35 | 38 | 35 | 32 | 48 | 105 | 89 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 16 | 132 | 271 | 387 | 463 | 485 | 463 | 387 | 271 | 132 | 16 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 2 | 16 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 16 | 2 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 21 | 43 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 16 | 2 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 73 | 295 | 314 | 225 | 94 | 32 | 32 | 29 | 24 | 16 | 2 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 75 | 344 | 436 | 439 | 387 | 282 | 173 | 62 | 24 | 16 | 2 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 27 | 184 | 295 | 371 | 417 | 431 | 417 | 371 | 295 | 184 | 37 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 2 | 16 | 24 | 62 | 173 | 282 | 387 | 439 | 436 | 344 | 75 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 2 | 16 | 24 | 29 | 32 | 32 | 94 | 225 | 314 | 295 | 73 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 2 | 16 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 43 | 21 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 5 | 73 | 192 | 295 | 368 | 393 | 368 | 295 | 192 | 73 | 5 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 10 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 10 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 0 | 27 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 10 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 249 | 284 | 217 | 86 | 32 | 32 | 29 | 24 | 10 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 309 | 425 | 439 | 387 | 292 | 195 | 75 | 24 | 10 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 173 | 306 | 385 | 431 | 442 | 431 | 385 | 306 | 173 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 10 | 24 | 75 | 195 | 292 | 387 | 439 | 425 | 309 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 10 | 24 | 29 | 32 | 32 | 86 | 217 | 284 | 249 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 10 | 24 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 24 | 27 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 51 | 172 | 263 | 330 | 355 | 330 | 263 | 172 | 51 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | Altitud +0,7 % por 300 m | | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | |

TABLA N° 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| 30° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 30° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|-----|--|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 103 | 90 | 56 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 56 | 90 | 103 | N | 21 de Junio |
| | SE | 329 | 437 | 408 | 305 | 173 | 59 | 44 | 44 | 44 | 44 | 37 | 31 | 15 | NE | |
| | E | 339 | 491 | 506 | 449 | 307 | 138 | 44 | 44 | 44 | 44 | 37 | 31 | 15 | E | |
| | NE | 131 | 235 | 283 | 283 | 230 | 138 | 53 | 44 | 44 | 44 | 37 | 31 | 15 | SE | |
| | N | 15 | 31 | 37 | 44 | 46 | 59 | 66 | 59 | 46 | 44 | 37 | 31 | 15 | SE | |
| | NO | 15 | 31 | 37 | 44 | 44 | 44 | 53 | 138 | 230 | 283 | 283 | 235 | 131 | SO | |
| | O | 15 | 31 | 37 | 44 | 44 | 44 | 44 | 138 | 307 | 449 | 506 | 491 | 339 | O | |
| | SO | 15 | 31 | 37 | 44 | 44 | 44 | 44 | 59 | 173 | 305 | 408 | 437 | 329 | NO | |
| Horizontal | 59 | 191 | 412 | 566 | 682 | 754 | 786 | 754 | 682 | 566 | 412 | 191 | 59 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 68 | 63 | 44 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 44 | 63 | 68 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 292 | 412 | 386 | 280 | 144 | 50 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | NE | |
| | E | 313 | 487 | 515 | 456 | 311 | 138 | 44 | 44 | 44 | 29 | 37 | 28 | 12 | E | |
| | NE | 131 | 258 | 314 | 314 | 261 | 166 | 68 | 44 | 44 | 41 | 37 | 28 | 12 | SE | |
| | N | 12 | 28 | 37 | 44 | 63 | 85 | 94 | 85 | 63 | 44 | 37 | 28 | 12 | SE | |
| | NO | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 166 | 261 | 314 | 314 | 258 | 131 | SO | |
| | O | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 138 | 311 | 456 | 515 | 487 | 314 | O | |
| | SO | 12 | 28 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 50 | 144 | 280 | 386 | 412 | 292 | NO | |
| Horizontal | 46 | 208 | 386 | 553 | 673 | 742 | 774 | 742 | 673 | 553 | 386 | 208 | 46 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 19 | 24 | 34 | 41 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 41 | 34 | 24 | 19 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 173 | 339 | 314 | 208 | 85 | 44 | 44 | 44 | 41 | 41 | 34 | 24 | 6 | NE | |
| | E | 208 | 462 | 519 | 465 | 320 | 144 | 44 | 44 | 41 | 41 | 34 | 24 | 6 | E | |
| | NE | 116 | 307 | 399 | 405 | 351 | 258 | 122 | 46 | 41 | 41 | 34 | 24 | 6 | SE | |
| | N | 6 | 24 | 41 | 85 | 147 | 182 | 197 | 182 | 147 | 85 | 41 | 24 | 6 | SE | |
| | NO | 6 | 24 | 34 | 41 | 41 | 46 | 122 | 258 | 351 | 405 | 399 | 307 | 116 | SO | |
| | O | 6 | 24 | 34 | 41 | 41 | 44 | 44 | 144 | 320 | 465 | 519 | 462 | 208 | O | |
| | SO | 6 | 24 | 34 | 41 | 41 | 44 | 44 | 85 | 208 | 314 | 339 | 173 | | NO | |
| Horizontal | 19 | 147 | 336 | 506 | 629 | 708 | 739 | 708 | 629 | 506 | 336 | 147 | 19 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 232 | 283 | 125 | 46 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 390 | 496 | 452 | 324 | 151 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 307 | 412 | 478 | 443 | 355 | 210 | 78 | 41 | 37 | 31 | 15 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 28 | 56 | 188 | 258 | 307 | 329 | 307 | 258 | 188 | 56 | 28 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 15 | 31 | 37 | 41 | 78 | 210 | 355 | 443 | 478 | 412 | 307 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 151 | 324 | 452 | 496 | 390 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 46 | 125 | 283 | 232 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 78 | 254 | 425 | 563 | 635 | 666 | 635 | 563 | 425 | 254 | 78 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 9 | 24 | 34 | 37 | 41 | 44 | 41 | 37 | 34 | 24 | 9 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 103 | 122 | 56 | 37 | 41 | 44 | 41 | 37 | 34 | 24 | 9 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 248 | 425 | 415 | 295 | 135 | 44 | 41 | 37 | 34 | 24 | 9 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 230 | 447 | 513 | 500 | 427 | 289 | 147 | 46 | 34 | 24 | 9 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 56 | 179 | 289 | 380 | 437 | 456 | 437 | 380 | 289 | 179 | 56 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 9 | 24 | 34 | 46 | 147 | 289 | 427 | 500 | 513 | 447 | 230 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 9 | 24 | 34 | 37 | 41 | 44 | 135 | 295 | 415 | 425 | 248 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 9 | 24 | 34 | 37 | 41 | 44 | 41 | 37 | 56 | 122 | 103 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 19 | 153 | 314 | 449 | 537 | 563 | 537 | 449 | 314 | 153 | 19 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 2 | 19 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 19 | 2 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 24 | 50 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 19 | 2 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 85 | 342 | 364 | 261 | 109 | 37 | 37 | 34 | 28 | 19 | 2 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 87 | 399 | 506 | 509 | 449 | 327 | 201 | 72 | 28 | 19 | 2 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 31 | 213 | 342 | 430 | 484 | 500 | 484 | 430 | 342 | 213 | 43 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 2 | 19 | 28 | 72 | 201 | 327 | 449 | 509 | 506 | 399 | 87 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 2 | 19 | 28 | 34 | 37 | 37 | 109 | 261 | 364 | 342 | 85 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 2 | 19 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 50 | 24 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 6 | 85 | 223 | 342 | 427 | 456 | 427 | 342 | 223 | 85 | 6 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 12 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 12 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 0 | 31 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 12 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 289 | 329 | 252 | 100 | 37 | 37 | 34 | 28 | 12 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 358 | 493 | 509 | 449 | 339 | 226 | 87 | 28 | 12 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 201 | 355 | 447 | 500 | 513 | 500 | 447 | 355 | 201 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 12 | 28 | 87 | 226 | 339 | 449 | 509 | 493 | 358 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 12 | 28 | 34 | 37 | 37 | 100 | 252 | 329 | 289 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 12 | 28 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 28 | 31 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 59 | 200 | 305 | 383 | 412 | 383 | 305 | 200 | 59 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales

Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

TABLA N° 5

APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 Kcal/hora x (m² de abertura)

| 40° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 40° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|--------------------------|-----|---|-----|--|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|------------|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 87 | 54 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 54 | 86 | N | 21 de Junio |
| | SE | 320 | 360 | 303 | 198 | 81 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | NE | |
| | E | 341 | 436 | 439 | 385 | 257 | 119 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | E | |
| | NE | 138 | 238 | 295 | 301 | 268 | 192 | 92 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | SE | |
| | N | 16 | 27 | 32 | 51 | 94 | 119 | 146 | 119 | 94 | 51 | 32 | 27 | 16 | SE | |
| | NO | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 92 | 192 | 268 | 301 | 295 | 238 | 138 | SO | |
| | O | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 119 | 257 | 385 | 439 | 436 | 341 | O | |
| | SO | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 81 | 198 | 303 | 360 | 320 | NO | |
| Horizontal | 84 | 222 | 363 | 485 | 569 | 629 | 642 | 629 | 569 | 485 | 363 | 222 | 84 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 65 | 38 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 38 | 65 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 287 | 344 | 284 | 179 | 70 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | NE | |
| | E | 320 | 436 | 444 | 390 | 265 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | E | |
| | NE | 146 | 260 | 322 | 339 | 298 | 222 | 113 | 40 | 38 | 35 | 32 | 27 | 13 | SE | |
| | N | 13 | 27 | 35 | 70 | 119 | 170 | 187 | 170 | 119 | 70 | 35 | 27 | 13 | SE | |
| | NO | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 40 | 113 | 222 | 298 | 339 | 322 | 260 | 146 | SO | |
| | O | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 265 | 390 | 444 | 436 | 320 | O | |
| | SO | 13 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 70 | 179 | 284 | 344 | 287 | NO | |
| Horizontal | 65 | 198 | 341 | 463 | 550 | 610 | 631 | 610 | 550 | 463 | 341 | 198 | 65 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 19 | 21 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 19 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 184 | 276 | 222 | 124 | 43 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 8 | NE | |
| | E | 227 | 398 | 439 | 393 | 273 | 122 | 38 | 38 | 38 | 35 | 29 | 21 | 8 | E | |
| | NE | 130 | 284 | 374 | 396 | 377 | 290 | 179 | 67 | 38 | 35 | 29 | 21 | 8 | SE | |
| | N | 8 | 21 | 65 | 138 | 241 | 263 | 276 | 263 | 241 | 138 | 65 | 21 | 8 | SE | |
| | NO | 8 | 21 | 29 | 35 | 38 | 67 | 179 | 290 | 377 | 396 | 374 | 284 | 130 | SO | |
| | O | 8 | 21 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 122 | 273 | 393 | 439 | 398 | 227 | O | |
| | SO | 8 | 21 | 29 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 43 | 124 | 222 | 276 | 184 | NO | |
| Horizontal | 24 | 127 | 271 | 406 | 501 | 556 | 580 | 556 | 501 | 406 | 271 | 127 | 24 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 13 | 24 | 32 | 35 | 35 | 38 | 35 | 35 | 32 | 24 | 13 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 138 | 157 | 70 | 35 | 35 | 38 | 35 | 35 | 32 | 24 | 13 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 314 | 404 | 377 | 268 | 122 | 38 | 35 | 35 | 32 | 24 | 13 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 257 | 390 | 439 | 425 | 360 | 244 | 111 | 38 | 32 | 24 | 13 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 32 | 119 | 219 | 298 | 330 | 379 | 330 | 298 | 219 | 119 | 32 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 13 | 24 | 32 | 38 | 111 | 244 | 360 | 425 | 439 | 390 | 257 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 13 | 24 | 32 | 35 | 35 | 38 | 122 | 268 | 377 | 404 | 314 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 13 | 24 | 32 | 35 | 35 | 38 | 35 | 35 | 70 | 157 | 138 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 57 | 181 | 336 | 414 | 477 | 496 | 477 | 414 | 336 | 181 | 57 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 5 | 16 | 27 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 27 | 16 | 5 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 94 | 89 | 32 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 27 | 16 | 5 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 230 | 317 | 330 | 238 | 105 | 32 | 32 | 29 | 27 | 16 | 5 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 219 | 358 | 336 | 442 | 390 | 290 | 170 | 54 | 27 | 16 | 5 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 57 | 160 | 282 | 371 | 417 | 439 | 417 | 371 | 282 | 160 | 57 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 5 | 16 | 27 | 54 | 170 | 290 | 390 | 442 | 336 | 358 | 219 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 5 | 16 | 27 | 29 | 32 | 32 | 105 | 238 | 330 | 317 | 230 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 5 | 16 | 27 | 29 | 32 | 32 | 32 | 29 | 32 | 89 | 94 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 21 | 78 | 173 | 273 | 333 | 349 | 333 | 273 | 173 | 78 | 21 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 0 | 8 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 8 | 0 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 0 | 32 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 8 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 246 | 271 | 200 | 89 | 29 | 27 | 24 | 19 | 8 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 295 | 390 | 423 | 390 | 314 | 189 | 73 | 19 | 8 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 160 | 282 | 377 | 428 | 450 | 428 | 377 | 282 | 160 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 8 | 19 | 73 | 189 | 314 | 390 | 423 | 390 | 295 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 8 | 19 | 24 | 27 | 29 | 89 | 200 | 271 | 246 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 8 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 32 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 43 | 116 | 198 | 249 | 279 | 249 | 198 | 116 | 43 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 5 | 16 | 24 | 27 | 27 | 27 | 24 | 16 | 5 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 0 | 19 | 16 | 24 | 27 | 27 | 27 | 24 | 16 | 5 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 195 | 233 | 184 | 84 | 27 | 27 | 24 | 16 | 5 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 238 | 363 | 401 | 385 | 311 | 198 | 81 | 19 | 5 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 138 | 268 | 363 | 428 | 447 | 428 | 363 | 268 | 138 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 5 | 19 | 81 | 198 | 311 | 385 | 401 | 363 | 238 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 5 | 16 | 24 | 27 | 27 | 84 | 184 | 233 | 195 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 5 | 16 | 24 | 27 | 27 | 27 | 24 | 16 | 19 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 21 | 86 | 149 | 206 | 230 | 206 | 149 | 86 | 21 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | | | | |

TABLA N° 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| 40° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 40° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----|--------------------------|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|-------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 101 | 63 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 63 | 99,76 | N | 21 de Junio |
| | SE | 371 | 418 | 351 | 230 | 94 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | NE | |
| | E | 396 | 506 | 509 | 447 | 298 | 138 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | E | |
| | NE | 160 | 276 | 342 | 349 | 311 | 223 | 107 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | SE | |
| | N | 19 | 31 | 37 | 59 | 109 | 138 | 169 | 138 | 109 | 59 | 37 | 31 | 18,56 | SE | |
| | NO | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 107 | 223 | 311 | 349 | 342 | 276 | 160,1 | SO | |
| | O | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 138 | 298 | 447 | 509 | 506 | 395,6 | O | |
| | SO | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 94 | 230 | 351 | 418 | 371,2 | NO | |
| Horizontal | 97 | 258 | 421 | 563 | 660 | 730 | 745 | 730 | 660 | 563 | 421 | 258 | 97,44 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 75 | 44 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 44 | 75,4 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 333 | 399 | 329 | 208 | 81 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15,08 | NE | |
| | E | 371 | 506 | 515 | 452 | 307 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15,08 | E | |
| | NE | 169 | 302 | 374 | 393 | 346 | 258 | 131 | 46 | 44 | 41 | 37 | 31 | 15,08 | SE | |
| | N | 15 | 31 | 41 | 81 | 138 | 197 | 217 | 197 | 138 | 81 | 41 | 31 | 15,08 | SE | |
| | NO | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 46 | 131 | 258 | 346 | 393 | 374 | 302 | 169,4 | SO | |
| | O | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 307 | 452 | 515 | 506 | 371,2 | O | |
| | SO | 15 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 81 | 208 | 329 | 399 | 332,9 | NO | |
| Horizontal | 75 | 230 | 396 | 537 | 638 | 708 | 732 | 708 | 638 | 537 | 396 | 230 | 75,4 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 22 | 24 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 22,04 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 213 | 320 | 258 | 144 | 50 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 9,28 | NE | |
| | E | 263 | 462 | 509 | 456 | 317 | 142 | 44 | 44 | 44 | 41 | 34 | 24 | 9,28 | E | |
| | NE | 151 | 329 | 434 | 459 | 437 | 336 | 208 | 78 | 44 | 41 | 34 | 24 | 9,28 | SE | |
| | N | 9 | 24 | 75 | 160 | 280 | 305 | 320 | 305 | 280 | 160 | 75 | 24 | 9,28 | SE | |
| | NO | 9 | 24 | 34 | 41 | 44 | 78 | 208 | 336 | 437 | 459 | 434 | 329 | 150,8 | SO | |
| | O | 9 | 24 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 142 | 317 | 456 | 509 | 462 | 263,3 | O | |
| | SO | 9 | 24 | 34 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 50 | 144 | 258 | 320 | 213,4 | NO | |
| Horizontal | 28 | 147 | 314 | 471 | 581 | 645 | 673 | 645 | 581 | 471 | 314 | 147 | 27,84 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 15 | 28 | 37 | 41 | 41 | 44 | 41 | 41 | 37 | 28 | 15 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 160 | 182 | 81 | 41 | 41 | 44 | 41 | 41 | 37 | 28 | 15 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 364 | 469 | 437 | 311 | 142 | 44 | 41 | 41 | 37 | 28 | 15 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 298 | 452 | 509 | 493 | 418 | 283 | 129 | 44 | 37 | 28 | 15 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 37 | 138 | 254 | 346 | 383 | 440 | 383 | 346 | 254 | 138 | 37 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 15 | 28 | 37 | 44 | 129 | 283 | 418 | 493 | 509 | 452 | 298 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 15 | 28 | 37 | 41 | 41 | 44 | 142 | 311 | 437 | 469 | 364 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 15 | 28 | 37 | 41 | 41 | 44 | 41 | 41 | 81 | 182 | 160 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 66 | 210 | 390 | 480 | 553 | 575 | 553 | 480 | 390 | 210 | 66 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 6 | 19 | 31 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 31 | 19 | 6 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre |
| | SE | 0 | 109 | 103 | 37 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 31 | 19 | 6 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 267 | 368 | 383 | 276 | 122 | 37 | 37 | 34 | 31 | 19 | 6 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 254 | 415 | 390 | 513 | 452 | 336 | 197 | 63 | 31 | 19 | 6 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 66 | 186 | 327 | 430 | 484 | 509 | 484 | 430 | 327 | 186 | 66 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 6 | 19 | 31 | 63 | 197 | 336 | 452 | 513 | 390 | 415 | 254 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 6 | 19 | 31 | 34 | 37 | 37 | 122 | 276 | 383 | 368 | 267 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 6 | 19 | 31 | 34 | 37 | 37 | 37 | 34 | 37 | 103 | 109 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 24 | 90 | 201 | 317 | 386 | 405 | 386 | 317 | 201 | 90 | 24 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 0 | 9 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 9 | 0 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre |
| | SE | 0 | 0 | 37 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 9 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 285 | 314 | 232 | 103 | 34 | 31 | 28 | 22 | 9 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 342 | 452 | 491 | 452 | 364 | 219 | 85 | 22 | 9 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 186 | 327 | 437 | 496 | 522 | 496 | 437 | 327 | 186 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 9 | 22 | 85 | 219 | 364 | 452 | 491 | 452 | 342 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 9 | 22 | 28 | 31 | 34 | 103 | 232 | 314 | 285 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 9 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 37 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 50 | 135 | 230 | 289 | 324 | 289 | 230 | 135 | 50 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 6 | 19 | 28 | 31 | 31 | 31 | 28 | 19 | 6 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 0 | 22 | 19 | 28 | 31 | 31 | 31 | 28 | 19 | 6 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 226 | 270 | 213 | 97 | 31 | 31 | 28 | 19 | 6 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 276 | 421 | 465 | 447 | 361 | 230 | 94 | 22 | 6 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 160 | 311 | 421 | 496 | 519 | 496 | 421 | 311 | 160 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 6 | 22 | 94 | 230 | 361 | 447 | 465 | 421 | 276 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 6 | 19 | 28 | 31 | 31 | 97 | 213 | 270 | 226 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 6 | 19 | 28 | 31 | 31 | 31 | 28 | 19 | 22 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 24 | 100 | 173 | 239 | 267 | 239 | 173 | 100 | 24 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °C -5 % por 4 °C | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °C -5 % por 14 °C | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales

Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

TABLA Nº 5

APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 Kcal/hora x (m² de abertura)

| 50° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | 50° LATITUD NORTE | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----|--------------------------|-----|---|-----|--|-----|------------------------------------|-----|-----|------------|-------------------|--------------------------------------|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca |
| 22 de Diciembre | S | 78 | 32 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 32 | 78 | N | 21 de Junio |
| | SE | 341 | 339 | 254 | 135 | 43 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | NE | |
| | E | 377 | 444 | 439 | 368 | 254 | 111 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | E | |
| | NE | 173 | 276 | 341 | 366 | 336 | 265 | 165 | 62 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | SE | |
| | N | 21 | 27 | 43 | 105 | 184 | 235 | 252 | 235 | 184 | 105 | 43 | 27 | 21 | SE | |
| | NO | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 62 | 165 | 265 | 336 | 366 | 341 | 276 | 173 | SO | |
| | O | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 111 | 254 | 368 | 439 | 444 | 377 | O | |
| | SO | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 43 | 135 | 254 | 339 | 341 | NO | |
| Horizontal | 119 | 233 | 360 | 469 | 534 | 580 | 596 | 580 | 534 | 469 | 360 | 233 | 119 | Horizontal | | |
| y 21 de Enero de noviembre | S | 57 | 29 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 29 | 57 | N | 21 de mayo y 22 de julio |
| | SE | 309 | 317 | 235 | 119 | 40 | 38 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | NE | |
| | E | 355 | 436 | 442 | 382 | 260 | 116 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | E | |
| | NE | 176 | 290 | 363 | 387 | 368 | 295 | 189 | 70 | 38 | 35 | 32 | 27 | 16 | SE | |
| | N | 16 | 27 | 57 | 135 | 217 | 265 | 287 | 265 | 217 | 135 | 57 | 27 | 16 | SE | |
| | NO | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 70 | 189 | 295 | 368 | 387 | 363 | 290 | 176 | SO | |
| | O | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 116 | 260 | 382 | 442 | 436 | 355 | O | |
| | SO | 16 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 38 | 40 | 119 | 235 | 317 | 309 | NO | |
| Horizontal | 89 | 203 | 322 | 431 | 509 | 556 | 572 | 556 | 509 | 431 | 322 | 203 | 89 | Horizontal | | |
| y 20 de febrero de octubre | S | 21 | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | 21 | N | 20 de abril y 24 de agosto |
| | SE | 206 | 254 | 189 | 84 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | 10 | NE | |
| | E | 254 | 393 | 428 | 382 | 265 | 122 | 38 | 38 | 35 | 32 | 27 | 21 | 10 | E | |
| | NE | 143 | 301 | 390 | 425 | 414 | 358 | 241 | 108 | 35 | 32 | 27 | 21 | 10 | SE | |
| | N | 10 | 24 | 97 | 198 | 284 | 352 | 374 | 352 | 284 | 198 | 97 | 24 | 10 | SE | |
| | NO | 10 | 21 | 27 | 32 | 35 | 108 | 241 | 358 | 414 | 425 | 390 | 301 | 143 | SO | |
| | O | 10 | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 122 | 265 | 382 | 428 | 393 | 254 | O | |
| | SO | 10 | 21 | 27 | 32 | 35 | 38 | 38 | 38 | 35 | 84 | 189 | 254 | 206 | NO | |
| Horizontal | 35 | 124 | 241 | 355 | 433 | 485 | 501 | 485 | 433 | 355 | 241 | 124 | 35 | Horizontal | | |
| y 22 de marzo de septiembre | S | 0 | 10 | 21 | 27 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 27 | 21 | 10 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre |
| | SE | 0 | 157 | 124 | 43 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 27 | 21 | 10 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 276 | 374 | 352 | 252 | 116 | 32 | 32 | 32 | 27 | 21 | 10 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 233 | 377 | 439 | 442 | 393 | 284 | 151 | 46 | 27 | 21 | 10 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 29 | 138 | 252 | 355 | 406 | 428 | 406 | 355 | 252 | 138 | 29 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 10 | 21 | 27 | 46 | 151 | 284 | 393 | 442 | 439 | 377 | 233 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 10 | 21 | 27 | 32 | 32 | 32 | 116 | 252 | 352 | 374 | 276 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 10 | 21 | 27 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 43 | 124 | 157 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 40 | 132 | 238 | 320 | 379 | 401 | 379 | 320 | 238 | 132 | 40 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 0 | 10 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 10 | 0 | 0 | N | y 20 de febrero de octubre |
| | SE | 0 | 78 | 54 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 10 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 198 | 268 | 284 | 214 | 94 | 29 | 27 | 24 | 19 | 10 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 187 | 301 | 393 | 425 | 390 | 311 | 187 | 65 | 19 | 10 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 46 | 143 | 268 | 371 | 425 | 452 | 425 | 371 | 268 | 143 | 46 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 10 | 19 | 65 | 187 | 311 | 390 | 425 | 393 | 301 | 187 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 10 | 19 | 24 | 27 | 29 | 94 | 214 | 284 | 268 | 198 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 10 | 19 | 24 | 27 | 29 | 27 | 24 | 19 | 54 | 78 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 5 | 51 | 122 | 195 | 233 | 254 | 233 | 195 | 122 | 51 | 5 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 0 | 2 | 10 | 16 | 21 | 24 | 21 | 16 | 10 | 2 | 0 | 0 | N | y 21 de Enero de noviembre |
| | SE | 0 | 0 | 13 | 10 | 16 | 21 | 24 | 21 | 16 | 10 | 2 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 138 | 173 | 154 | 75 | 24 | 21 | 16 | 10 | 2 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 168 | 257 | 344 | 344 | 290 | 181 | 57 | 10 | 2 | 0 | 0 | SE | |
| | N | 0 | 0 | 92 | 189 | 314 | 387 | 414 | 387 | 314 | 189 | 92 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 2 | 10 | 57 | 181 | 290 | 344 | 344 | 257 | 168 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 2 | 10 | 16 | 21 | 24 | 75 | 154 | 173 | 138 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 2 | 10 | 16 | 21 | 24 | 21 | 16 | 10 | 13 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 10 | 35 | 81 | 127 | 143 | 127 | 81 | 35 | 10 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 0 | 8 | 13 | 16 | 19 | 16 | 13 | 8 | 0 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre |
| | SE | 0 | 0 | 0 | 8 | 13 | 16 | 19 | 16 | 13 | 8 | 0 | 0 | 0 | NE | |
| | E | 0 | 0 | 0 | 73 | 127 | 62 | 19 | 16 | 13 | 8 | 0 | 0 | 0 | E | |
| | NE | 0 | 0 | 0 | 111 | 290 | 314 | 271 | 168 | 67 | 8 | 0 | 0 | 0 | | |
| | N | 0 | 0 | 0 | 84 | 268 | 355 | 382 | 355 | 268 | 84 | 0 | 0 | 0 | SE | |
| | NO | 0 | 0 | 0 | 8 | 67 | 168 | 271 | 314 | 290 | 111 | 0 | 0 | 0 | SO | |
| | O | 0 | 0 | 0 | 8 | 13 | 16 | 19 | 62 | 127 | 73 | 0 | 0 | 0 | O | |
| | SO | 0 | 0 | 0 | 8 | 13 | 16 | 19 | 16 | 13 | 8 | 0 | 0 | 0 | NO | |
| Horizontal | 0 | 0 | 0 | 13 | 51 | 89 | 108 | 89 | 51 | 13 | 0 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | | | |

TABLA N° 5
 APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO SENCILLO
 W x (m² de abertura)

| 50° LATITUD SUR | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | 50° LATITUD NORTE | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----|--------------------------|-----|-----|---|-----|-----|--|-----|-----|------------------------------------|-------------|--------------------------------------|--|
| Epoca | Orientacion | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | Orientacion | Epoca | |
| 22 de Diciembre | S | 90 | 37 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 37 | 90,48 | N | 21 de Junio | |
| | SE | 396 | 393 | 295 | 157 | 50 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24,36 | NE | | |
| | E | 437 | 515 | 509 | 427 | 295 | 129 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24,36 | E | | |
| | NE | 201 | 320 | 396 | 425 | 390 | 307 | 191 | 72 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24,36 | SE | | |
| | N | 24 | 31 | 50 | 122 | 213 | 273 | 292 | 273 | 213 | 122 | 50 | 31 | 24,36 | SE | | |
| | NO | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 72 | 191 | 307 | 390 | 425 | 396 | 320 | 200,7 | SO | | |
| | O | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 129 | 295 | 427 | 509 | 515 | 437,3 | O | | |
| | SO | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 50 | 157 | 295 | 393 | 395,6 | NO | | |
| | Horizontal | 138 | 270 | 418 | 544 | 619 | 673 | 691 | 673 | 619 | 544 | 418 | 270 | 138 | Horizontal | | |
| 21 de Enero y 21 de noviembre | S | 66 | 34 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 34 | 66,12 | N | 21 de mayo y 22 de julio | |
| | SE | 358 | 368 | 273 | 138 | 46 | 44 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | NE | | |
| | E | 412 | 506 | 513 | 443 | 302 | 135 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | E | | |
| | NE | 204 | 336 | 421 | 449 | 427 | 342 | 219 | 81 | 44 | 41 | 37 | 31 | 18,56 | SE | | |
| | N | 19 | 31 | 66 | 157 | 252 | 307 | 333 | 307 | 252 | 157 | 66 | 31 | 18,56 | SE | | |
| | NO | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 81 | 219 | 342 | 427 | 449 | 421 | 336 | 204,2 | SO | | |
| | O | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 135 | 302 | 443 | 513 | 506 | 411,8 | O | | |
| | SO | 19 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 44 | 46 | 138 | 273 | 368 | 358,4 | NO | | |
| | Horizontal | 103 | 235 | 374 | 500 | 590 | 645 | 664 | 645 | 590 | 500 | 374 | 235 | 103,2 | Horizontal | | |
| 20 de febrero y 23 de octubre | S | 24 | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24 | 24,36 | N | 20 de abril y 24 de agosto | |
| | SE | 239 | 295 | 219 | 97 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24 | 11,6 | NE | | |
| | E | 295 | 456 | 496 | 443 | 307 | 142 | 44 | 44 | 41 | 37 | 31 | 24 | 11,6 | E | | |
| | NE | 166 | 349 | 452 | 493 | 480 | 415 | 280 | 125 | 41 | 37 | 31 | 24 | 11,6 | SE | | |
| | N | 12 | 28 | 113 | 230 | 329 | 408 | 434 | 408 | 329 | 230 | 113 | 28 | 11,6 | SE | | |
| | NO | 12 | 24 | 31 | 37 | 41 | 125 | 280 | 415 | 480 | 493 | 452 | 349 | 165,9 | SO | | |
| | O | 12 | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 142 | 307 | 443 | 496 | 456 | 294,6 | O | | |
| | SO | 12 | 24 | 31 | 37 | 41 | 44 | 44 | 44 | 41 | 97 | 219 | 295 | 239 | NO | | |
| | Horizontal | 41 | 144 | 280 | 412 | 502 | 563 | 581 | 563 | 502 | 412 | 280 | 144 | 40,6 | Horizontal | | |
| 22 de marzo y 22 de septiembre | S | 0 | 12 | 24 | 31 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 31 | 24 | 12 | 0 | N | 22 de marzo y 22 de septiembre | |
| | SE | 0 | 182 | 144 | 50 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 31 | 24 | 12 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 320 | 434 | 408 | 292 | 135 | 37 | 37 | 37 | 31 | 24 | 12 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 270 | 437 | 509 | 513 | 456 | 329 | 175 | 53 | 31 | 24 | 12 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 34 | 160 | 292 | 412 | 471 | 496 | 471 | 412 | 292 | 160 | 34 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 12 | 24 | 31 | 53 | 175 | 329 | 456 | 513 | 509 | 437 | 270 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 12 | 24 | 31 | 37 | 37 | 37 | 135 | 292 | 408 | 434 | 320 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 12 | 24 | 31 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 50 | 144 | 182 | 0 | NO | | |
| | Horizontal | 0 | 46 | 153 | 276 | 371 | 440 | 465 | 440 | 371 | 276 | 153 | 46 | 0 | Horizontal | | |
| 20 de abril y 24 de agosto | S | 0 | 0 | 12 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 12 | 0 | 0 | N | 20 de febrero y 23 de octubre | |
| | SE | 0 | 90 | 63 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 12 | 0 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 230 | 311 | 329 | 248 | 109 | 34 | 31 | 28 | 22 | 12 | 0 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 217 | 349 | 456 | 493 | 452 | 361 | 217 | 75 | 22 | 12 | 0 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 53 | 166 | 311 | 430 | 493 | 524 | 493 | 430 | 311 | 166 | 53 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 0 | 12 | 22 | 75 | 217 | 361 | 452 | 493 | 456 | 349 | 217 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 0 | 12 | 22 | 28 | 31 | 34 | 109 | 248 | 329 | 311 | 230 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 0 | 12 | 22 | 28 | 31 | 34 | 31 | 28 | 22 | 63 | 90 | 0 | NO | | |
| | Horizontal | 0 | 6 | 59 | 142 | 226 | 270 | 295 | 270 | 226 | 142 | 59 | 6 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de mayo y 22 de julio | S | 0 | 0 | 2 | 12 | 19 | 24 | 28 | 24 | 19 | 12 | 2 | 0 | 0 | N | 21 de Enero y 21 de noviembre | |
| | SE | 0 | 0 | 15 | 12 | 19 | 24 | 28 | 24 | 19 | 12 | 2 | 0 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 0 | 160 | 201 | 179 | 87 | 28 | 24 | 19 | 12 | 2 | 0 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 0 | 195 | 298 | 399 | 399 | 336 | 210 | 66 | 12 | 2 | 0 | 0 | SE | | |
| | N | 0 | 0 | 107 | 219 | 364 | 449 | 480 | 449 | 364 | 219 | 107 | 0 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 0 | 2 | 12 | 66 | 210 | 336 | 399 | 399 | 298 | 195 | 0 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 0 | 2 | 12 | 19 | 24 | 28 | 87 | 179 | 201 | 160 | 0 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 0 | 2 | 12 | 19 | 24 | 28 | 24 | 19 | 12 | 15 | 0 | 0 | NO | | |
| | Horizontal | 0 | 0 | 12 | 41 | 94 | 147 | 166 | 147 | 94 | 41 | 12 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| 21 de Junio | S | 0 | 0 | 0 | 9 | 15 | 19 | 22 | 19 | 15 | 9 | 0 | 0 | 0 | N | 22 de Diciembre | |
| | SE | 0 | 0 | 0 | 9 | 15 | 19 | 22 | 19 | 15 | 9 | 0 | 0 | 0 | NE | | |
| | E | 0 | 0 | 0 | 85 | 147 | 72 | 22 | 19 | 15 | 9 | 0 | 0 | 0 | E | | |
| | NE | 0 | 0 | 0 | 129 | 336 | 364 | 314 | 195 | 78 | 9 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | N | 0 | 0 | 0 | 97 | 311 | 412 | 443 | 412 | 311 | 97 | 0 | 0 | 0 | SE | | |
| | NO | 0 | 0 | 0 | 9 | 78 | 195 | 314 | 364 | 336 | 129 | 0 | 0 | 0 | SO | | |
| | O | 0 | 0 | 0 | 9 | 15 | 19 | 22 | 72 | 147 | 85 | 0 | 0 | 0 | O | | |
| | SO | 0 | 0 | 0 | 9 | 15 | 19 | 22 | 19 | 15 | 9 | 0 | 0 | 0 | NO | | |
| | Horizontal | 0 | 0 | 0 | 15 | 59 | 103 | 125 | 103 | 59 | 15 | 0 | 0 | 0 | Horizontal | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez 15 % max | | - | Altitud +0,7 % por 300 m | | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | | |

Los valores en negrita son Máximos mensuales
 Los valores en negrita y recuadrados son Máximos anuales.

TABLA N° 5 - 0

MAXIMAS APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE CRISTAL SENCILLO *
 Kcal/hora.m²

| LATITUD SUR | MES | ORIENTACION - LATITUD SUR | | | | | | | | | MES | LATITUD NORTE |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----|-----------------------------|-----|---|-----|--|-----|--|--------------------|---------------|
| | | S** | SE | E | NE | N | NO | O | SO | Horiz. | | |
| 0° | Diciembre | 160 | 423 | 398 | 113 | 38 | 113 | 398 | 423 | 612 | Junio | 0° |
| | Noviembre y Enero | 130 | 414 | 412 | 141 | 38 | 141 | 412 | 414 | 631 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 67 | 382 | 442 | 214 | 38 | 214 | 442 | 382 | 664 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 27 | 320 | 452 | 320 | 38 | 320 | 452 | 320 | 678 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 27 | 214 | 442 | 382 | 92 | 382 | 442 | 214 | 664 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 27 | 141 | 412 | 414 | 181 | 414 | 412 | 141 | 631 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 27 | 113 | 398 | 423 | 222 | 423 | 398 | 113 | 612 | Diciembre | |
| 10° | Diciembre | 108 | 414 | 420 | 149 | 38 | 149 | 420 | 414 | 659 | Junio | 10° |
| | Noviembre y Enero | 81 | 401 | 428 | 179 | 38 | 179 | 428 | 401 | 669 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 35 | 352 | 442 | 254 | 38 | 254 | 442 | 352 | 678 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 27 | 279 | 444 | 344 | 75 | 344 | 444 | 279 | 669 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 27 | 179 | 420 | 404 | 198 | 404 | 420 | 179 | 623 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 24 | 100 | 387 | 436 | 287 | 273 | 387 | 100 | 569 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 24 | 75 | 371 | 442 | 324 | 442 | 371 | 75 | 547 | Diciembre | |
| 20° | Diciembre | 70 | 417 | 433 | 198 | 38 | 198 | 433 | 417 | 678 | Junio | 20° |
| | Noviembre y Enero | 51 | 374 | 442 | 230 | 38 | 230 | 442 | 374 | 680 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 29 | 320 | 447 | 306 | 70 | 306 | 447 | 320 | 669 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 27 | 235 | 442 | 379 | 176 | 379 | 442 | 235 | 631 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 24 | 141 | 398 | 433 | 301 | 433 | 398 | 141 | 564 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 21 | 70 | 347 | 444 | 382 | 444 | 347 | 70 | 488 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 21 | 48 | 328 | 452 | 404 | 452 | 328 | 48 | 461 | Diciembre | |
| 30° | Diciembre | 54 | 377 | 436 | 244 | 57 | 244 | 436 | 377 | 678 | Junio | 30° |
| | Noviembre y Enero | 43 | 355 | 444 | 271 | 81 | 271 | 444 | 355 | 667 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 29 | 292 | 447 | 349 | 170 | 349 | 447 | 292 | 637 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 24 | 244 | 428 | 412 | 284 | 412 | 428 | 244 | 574 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 21 | 105 | 366 | 442 | 393 | 442 | 366 | 105 | 485 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 19 | 43 | 314 | 439 | 431 | 439 | 314 | 43 | 393 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 16 | 32 | 284 | 439 | 442 | 439 | 284 | 32 | 355 | Diciembre | |
| 40° | Diciembre | 46 | 360 | 439 | 301 | 146 | 301 | 439 | 360 | 642 | Junio | 40° |
| | Noviembre y Enero | 40 | 344 | 444 | 339 | 187 | 339 | 444 | 344 | 631 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 29 | 276 | 439 | 395 | 276 | 396 | 439 | 276 | 580 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 24 | 157 | 404 | 439 | 379 | 439 | 404 | 157 | 496 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 19 | 94 | 330 | 442 | 439 | 442 | 330 | 94 | 349 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 13 | 32 | 271 | 423 | 450 | 423 | 271 | 32 | 279 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 13 | 27 | 233 | 401 | 447 | 401 | 233 | 27 | 230 | Diciembre | |
| 50° | Diciembre | 43 | 341 | 444 | 366 | 252 | 366 | 444 | 341 | 596 | Junio | 50° |
| | Noviembre y Enero | 38 | 317 | 442 | 387 | 287 | 387 | 442 | 317 | 572 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 29 | 254 | 428 | 425 | 374 | 425 | 428 | 254 | 501 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 21 | 157 | 374 | 442 | 428 | 442 | 374 | 157 | 401 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 13 | 78 | 284 | 425 | 452 | 425 | 284 | 78 | 254 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 10 | 24 | 173 | 344 | 414 | 344 | 173 | 24 | 143 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 8 | 19 | 127 | 314 | 382 | 314 | 127 | 19 | 108 | Diciembre | |
| LATITUD SUR | MES | ORIENTACION - LATITUD NORTE | | | | | | | | | MES | LATITUD NORTE |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez -15 % max | | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | |

* Valores extraídos de la tabla N°

** Las aportaciones para los cristales orientados al norte (latitud norte) o al sur (latitud sur) se constituyen principalmente de radiación difundida, la cual es sensiblemente constante durante todo el día.

Los valores indicados son promedios tomados sobre 12 horas (de 6 a 18 horas). Los factores de al macenamiento en las tablas 7 hasta 11 suponen que las aportaciones solares sobre orientaciones norte (o sur) son constantes, y se emplean en consecuencia los mismos factores que para el valor luminico.

TABLA N° 5 -1

 MAXIMAS APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE CRISTAL

 $W \times m^2$

| LATITUD SUR | MES | ORIENTACION - LATITUD SUR | | | | | | | | | MES | LATITUD NORTE |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------|-----------------------------|-------|---|-------|--|-------|--|--------------------|---------------|
| | | S** | SE | E | NE | N | NO | O | SO | Horiz. | | |
| 0° | Diciembre | 185,6 | 490,7 | 461,7 | 131,1 | 44,1 | 131,1 | 461,7 | 490,7 | 709,9 | Junio | 0° |
| | Noviembre y Enero | 150,8 | 480,2 | 477,9 | 163,6 | 44,1 | 163,6 | 477,9 | 480,2 | 732,0 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 77,7 | 443,1 | 512,7 | 248,2 | 44,1 | 248,2 | 512,7 | 443,1 | 770,2 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 31,3 | 371,2 | 524,3 | 371,2 | 44,1 | 371,2 | 524,3 | 371,2 | 786,5 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 31,3 | 248,2 | 512,7 | 443,1 | 106,7 | 443,1 | 512,7 | 248,2 | 770,2 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 31,3 | 163,6 | 477,9 | 480,2 | 210,0 | 480,2 | 477,9 | 163,6 | 732,0 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 31,3 | 131,1 | 461,7 | 490,7 | 257,5 | 490,7 | 461,7 | 131,1 | 709,9 | Diciembre | |
| 10° | Diciembre | 125,3 | 480,2 | 487,2 | 172,8 | 44,1 | 172,8 | 487,2 | 480,2 | 764,4 | Junio | 10° |
| | Noviembre y Enero | 94,0 | 465,2 | 496,5 | 207,6 | 44,1 | 207,6 | 496,5 | 465,2 | 776,0 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 40,6 | 408,3 | 512,7 | 294,6 | 44,1 | 294,6 | 512,7 | 408,3 | 786,5 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 31,3 | 323,6 | 515,0 | 399,0 | 87,0 | 399,0 | 515,0 | 323,6 | 776,0 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 31,3 | 207,6 | 487,2 | 468,6 | 229,7 | 468,6 | 487,2 | 207,6 | 722,7 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 27,8 | 116,0 | 448,9 | 505,8 | 332,9 | 316,7 | 448,9 | 116,0 | 660,0 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 27,8 | 87,0 | 430,4 | 512,7 | 375,8 | 512,7 | 430,4 | 87,0 | 634,5 | Diciembre | |
| 20° | Diciembre | 81,2 | 483,7 | 502,3 | 229,7 | 44,1 | 229,7 | 502,3 | 483,7 | 786,5 | Junio | 20° |
| | Noviembre y Enero | 59,2 | 433,8 | 512,7 | 266,8 | 44,1 | 266,8 | 512,7 | 433,8 | 788,8 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 33,6 | 371,2 | 518,5 | 355,0 | 81,2 | 355,0 | 518,5 | 371,2 | 776,0 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 31,3 | 272,6 | 512,7 | 439,6 | 204,2 | 439,6 | 512,7 | 272,6 | 732,0 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 27,8 | 163,6 | 461,7 | 502,3 | 349,2 | 502,3 | 461,7 | 163,6 | 654,2 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 24,4 | 81,2 | 402,5 | 515,0 | 443,1 | 515,0 | 402,5 | 81,2 | 566,1 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 24,4 | 55,7 | 380,5 | 524,3 | 468,6 | 524,3 | 380,5 | 55,7 | 534,8 | Diciembre | |
| 30° | Diciembre | 62,6 | 437,3 | 505,8 | 283,0 | 66,1 | 283,0 | 505,8 | 437,3 | 786,5 | Junio | 30° |
| | Noviembre y Enero | 49,9 | 411,8 | 515,0 | 314,4 | 94,0 | 314,4 | 515,0 | 411,8 | 773,7 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 33,6 | 338,7 | 518,5 | 404,8 | 197,2 | 404,8 | 518,5 | 338,7 | 738,9 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 27,8 | 283,0 | 496,5 | 477,9 | 329,4 | 477,9 | 496,5 | 283,0 | 665,8 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 24,4 | 121,8 | 424,6 | 512,7 | 455,9 | 512,7 | 424,6 | 121,8 | 562,6 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 22,0 | 49,9 | 364,2 | 509,2 | 500,0 | 509,2 | 364,2 | 49,9 | 455,9 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 18,6 | 37,1 | 329,4 | 509,2 | 512,7 | 509,2 | 329,4 | 37,1 | 411,8 | Diciembre | |
| 40° | Diciembre | 53,4 | 417,6 | 509,2 | 349,2 | 169,4 | 349,2 | 509,2 | 417,6 | 744,7 | Junio | 40° |
| | Noviembre y Enero | 46,4 | 399,0 | 515,0 | 393,2 | 216,9 | 393,2 | 515,0 | 399,0 | 732,0 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 33,6 | 320,2 | 509,2 | 458,2 | 320,2 | 459,4 | 509,2 | 320,2 | 672,8 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 27,8 | 182,1 | 468,6 | 509,2 | 439,6 | 509,2 | 468,6 | 182,1 | 575,4 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 22,0 | 109,0 | 382,8 | 512,7 | 509,2 | 512,7 | 382,8 | 109,0 | 404,8 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 15,1 | 37,1 | 314,4 | 490,7 | 522,0 | 490,7 | 314,4 | 37,1 | 323,6 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 15,1 | 31,3 | 270,3 | 465,2 | 518,5 | 465,2 | 270,3 | 31,3 | 266,8 | Diciembre | |
| 50° | Diciembre | 49,9 | 395,6 | 515,0 | 424,6 | 292,3 | 424,6 | 515,0 | 395,6 | 691,4 | Junio | 50° |
| | Noviembre y Enero | 44,1 | 367,7 | 512,7 | 448,9 | 332,9 | 448,9 | 512,7 | 367,7 | 663,5 | Julio y Mayo | |
| | Octubre y Febrero | 33,6 | 294,6 | 496,5 | 493,0 | 433,8 | 493,0 | 496,5 | 294,6 | 581,2 | Agosto y Abril | |
| | Septiembre y Marzo | 24,4 | 182,1 | 433,8 | 512,7 | 496,5 | 512,7 | 433,8 | 182,1 | 465,2 | Septiembre y Marzo | |
| | Agosto y Abril | 15,1 | 90,5 | 329,4 | 493,0 | 524,3 | 493,0 | 329,4 | 90,5 | 294,6 | Octubre y Febrero | |
| | Julio y Mayo | 11,6 | 27,8 | 200,7 | 399,0 | 480,2 | 399,0 | 200,7 | 27,8 | 165,9 | Noviembre y Enero | |
| | Junio | 9,3 | 22,0 | 147,3 | 364,2 | 443,1 | 364,2 | 147,3 | 22,0 | 125,3 | Diciembre | |
| LATITUD SUR | MES | N** | NE | E | SE | S | SO | O | NO | Horiz. | MES | LATITUD NORTE |
| ORIENTACION - LATITUD NORTE | | | | | | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CORRECCION | Marco Metalico x1/0,85 o 1,17 | Limpidez -15 % max | | Altitud +0,7 % por 300 m | | Punto de rocío Superior a 19,5 °c -5 % por 4 °c | | Punto de rocío Inferior a 19,5 °c -5 % por 14 °c | | Latitud Sur Diciembre o Enero +7 % | | |

* Valores extraidos de la tabla N° 5

 ** Las aportaciones para los cristales orientados al norte (latitud norte) o al sur (latitud sur) se constituyen principalmente de radiacion difundida, la cual es sensiblemente constante durante todo el día. Los valores indicados son promedios tomados sobre 12 horas (de 6 a 18 horas).

TABLA Nº 6

FACTORES DE CORRECCION DE LA RADIACION SOLAR A TRAVES DEL VIDRIO CON Y SIN PANTALLA DE PROTECCION*

(APLICAR ESTOS COEFICIENTES A LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA Nº 5)

Velocidad del viento: 8 km/h Angulo de incidencia 30°. Se considera que las cortinas, persianas, etc, cubren completamente la ventana.

| | Tipo de Vidrio | SIN PERSIANA O PANTALLA | PERSIANA VENECIANAS INTERIORES* | | | PERSIANA VENECIANAS EXTERIORES | | | PERSIANA EXTERIOR | | CORTINA EXTERIOR | |
|-----------------------|---|-------------------------|---|-------------|--------------|--|--------------------------------|------------------|--|------------------|---|----------------------------|
| | | | Listones horizontales o verticales inclinados 45° o Cortinas de tela | | | Listones horizontales o inclinados 45° | | | Listones inclinados 17° (horizontales) | | DE TELA Circulación de aire arriba y lateralmente | |
| | | | Color Claro | Color Medio | Color Oscuro | Color Claro | Exterior claro Interior oscuro | Color Oscuro *** | Color Claro **** | Color Oscuro *** | Color Claro | Color Medio u Oscuro ***** |
| VIDRIO SENCILLO | VIDRIO SENCILLO ORDINARIO | 1,00 | 0,56 | 0,65 | 0,75 | 0,15 | 0,13 | 0,22 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,25 |
| | VIDRIO SENCILLO 6 mm | 0,94 | 0,56 | 0,65 | 0,74 | 0,14 | 0,12 | 0,21 | 0,14 | 0,19 | 0,19 | 0,24 |
| | Coefficiente de absorción 0,40 a 0,48 | 0,80 | 0,56 | 0,62 | 0,72 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,20 |
| | Coefficiente de absorción 0,48 a 0,56 | 0,73 | 0,53 | 0,59 | 0,62 | 0,11 | 0,10 | 0,16 | 0,11 | 0,15 | 0,15 | 0,18 |
| VIDRIO DOBLE | Coefficiente de absorción 0,56 a 0,70 | 0,62 | 0,51 | 0,54 | 0,56 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,16 |
| | Vidrio ordinario | 0,90 | 0,54 | 0,61 | 0,67 | 0,14 | 0,12 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,18 | 0,22 |
| | Vidrios 6 mm | 0,80 | 0,52 | 0,59 | 0,65 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,20 |
| | Vidrio interior ordinario | 0,52 | 0,36 | 0,39 | 0,43 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,13 |
| VIDRIO TRIPLE | vidrio exterior absorbente de 0,48 a 0,56 | 0,5 | 0,36 | 0,39 | 0,43 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,12 |
| | vidrio interior de 6 mm | 0,83 | 0,48 | 0,56 | 0,64 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,20 |
| | vidrio exterior absorbente de 0,48 a 0,56 | 0,69 | 0,47 | 0,52 | 0,57 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,10 | 0,14 | 0,14 | 0,17 |
| | Vidrio ordinario | 0,28 | Ecuaciones | | | | | | | | | |
| VIDRIO DE COLOR ***** | Color Claro | 0,28 | Ganancia de calor por radiación solar sin pantallas de protección = | | | | | | | | | |
| | Color Medio | 0,39 | = Ganancias por radiación (Tabla Nº 5) x Coeficiente "sin pantalla" (Tabla Nº 6) | | | | | | | | | |
| | Color Oscuro | 0,50 | Ganancia de calor por radiación solar con pantallas de protección completamente bajas = | | | | | | | | | |
| | Ambar | 0,70 | = Ganancias por radiación (Tabla Nº 5) x Coeficiente correspondiente (Tabla Nº 6) | | | | | | | | | |
| VIDRIO DE COLOR ***** | Rojo oscuro | 0,56 | Ganancia de calor por radiación solar con pantallas de protección parcialmente bajas = | | | | | | | | | |
| | Azul | 0,60 | = Ganancias por radiación (Tabla Nº 5) x fracción protegida x | | | | | | | | | |
| | Gris | 0,32 | x Coeficiente correspondiente (Tabla Nº 6) + ganancia por radiación (Tabla Nº 5) x | | | | | | | | | |
| | Gris Verde | 0,46 | x (1 - fracción protegida) x coeficiente "sin pantalla" de tabla Nº 6 | | | | | | | | | |
| | Opalescente Claro | 0,43 | | | | | | | | | | |
| | Opalescente Oscuro | 0,37 | | | | | | | | | | |

Notas

*
 Además de las cortinas de tela, se considera que todos los dispositivos de sombra o pantallas están completamente bajados. Para cortinas de tela bajadas del todo, multiplicar los coeficientes dados por 0,73 para color claro, por 0,95 para color medio y por 1,08 para color oscuro.

**
 Esos coeficientes son válidos para una altura del sol mayor de 40° o igual. Para alturas inferiores a 40° hay una cierta insolación directa entre listones. Se aplican multiplicadores.

| Multiplicadores para Alturas del sol inferiores a 40° | | |
|---|-------------|--------------|
| Altura del sol | Color medio | Color oscuro |
| 10° | 2 | 3,5 |
| 20° | 1,6 | 2,7 |
| 30° | 1,1 | 1,7 |

 Listoncillos de latón de 1,3 de anchura separados 1,5 mm

 Listoncillos de aluminio de 1,4 de anchura separados 1,45 mm

 La mayoría de los vidrios absorbentes empleados en las aplicaciones de confort tienen un coeficiente de absorción comprendido entre 0,40 y 0,56, pero en las aplicaciones industriales el coeficiente de absorción está comprendido generalmente entre 0,56 y 0,7.

 En el caso de vidrios de varios colores, considerar los colores dominantes.

TABLA N° 7 ALTURA Y AZIMUT DEL SOL

| LATITUD SUR | HORA SOLAR | 23-Jul | | 24-Ago | | 22-Sep | | 23-Oct | | 21-Nov | | 22-Dic | | 21-Ene | | 20-Feb | | 22-Mar | | 20-Abr | | 21-May | | 21-Jun | | HORA SOLAR |
|-------------|------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|------------|
| | | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | Alt. | Azi. | | | |
| 0° | 06:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 06:00 | |
| | 07:00 | 14 | 111 | 15 | 102 | 15 | 90 | 15 | 78 | 14 | 69 | 14 | 66 | 14 | 69 | 15 | 78 | 15 | 90 | 15 | 102 | 14 | 111 | 14 | 114 | 07:00 |
| | 08:00 | 28 | 113 | 30 | 103 | 30 | 89 | 30 | 77 | 28 | 67 | 27 | 63 | 28 | 67 | 30 | 77 | 30 | 89 | 30 | 103 | 28 | 113 | 27 | 117 | 08:00 |
| | 09:00 | 42 | 117 | 44 | 106 | 45 | 89 | 44 | 74 | 42 | 63 | 41 | 58 | 42 | 63 | 44 | 74 | 45 | 89 | 44 | 106 | 42 | 117 | 41 | 122 | 09:00 |
| | 10:00 | 54 | 126 | 58 | 112 | 60 | 89 | 58 | 68 | 54 | 54 | 53 | 49 | 54 | 54 | 58 | 68 | 60 | 89 | 58 | 112 | 54 | 126 | 53 | 131 | 10:00 |
| | 11:00 | 65 | 144 | 71 | 127 | 75 | 88 | 71 | 53 | 65 | 36 | 62 | 32 | 65 | 36 | 71 | 53 | 75 | 88 | 71 | 127 | 65 | 144 | 62 | 148 | 11:00 |
| | 12:00 | 70 | 180 | 79 | 180 | 90 | 0 | 79 | 0 | 70 | 0 | 67 | 0 | 70 | 0 | 79 | 0 | 90 | 0 | 79 | 180 | 70 | 180 | 67 | 180 | 12:00 |
| | 13:00 | 65 | 216 | 71 | 233 | 75 | 272 | 71 | 307 | 65 | 324 | 62 | 328 | 65 | 324 | 71 | 307 | 75 | 272 | 71 | 233 | 65 | 216 | 62 | 212 | 13:00 |
| | 14:00 | 54 | 234 | 58 | 248 | 60 | 271 | 58 | 292 | 54 | 306 | 53 | 311 | 54 | 306 | 58 | 292 | 60 | 271 | 58 | 248 | 54 | 234 | 53 | 229 | 14:00 |
| | 15:00 | 42 | 243 | 44 | 254 | 45 | 271 | 44 | 286 | 42 | 297 | 41 | 302 | 42 | 297 | 44 | 286 | 45 | 271 | 44 | 254 | 42 | 243 | 41 | 238 | 15:00 |
| | 16:00 | 28 | 247 | 30 | 257 | 30 | 271 | 30 | 283 | 28 | 293 | 27 | 297 | 28 | 293 | 30 | 283 | 30 | 271 | 30 | 257 | 28 | 247 | 27 | 243 | 16:00 |
| | 17:00 | 14 | 249 | 15 | 258 | 15 | 270 | 15 | 282 | 14 | 291 | 14 | 294 | 14 | 291 | 15 | 282 | 15 | 270 | 15 | 258 | 14 | 249 | 14 | 246 | 17:00 |
| | 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18:00 |
| 10° | 06:00 | | | | | 1 | 90 | 2 | 78 | 3 | 70 | 4 | 67 | 3 | 70 | 2 | 78 | 1 | 90 | | | | | | | 06:00 |
| | 07:00 | 10 | 113 | 12 | 103 | 15 | 92 | 16 | 81 | 17 | 72 | 18 | 68 | 17 | 72 | 16 | 81 | 15 | 92 | 12 | 103 | 10 | 113 | 9 | 116 | 07:00 |
| | 08:00 | 24 | 117 | 27 | 108 | 30 | 95 | 31 | 83 | 32 | 72 | 32 | 68 | 32 | 72 | 31 | 83 | 30 | 95 | 27 | 108 | 24 | 117 | 23 | 121 | 08:00 |
| | 09:00 | 37 | 124 | 41 | 115 | 44 | 99 | 46 | 84 | 46 | 72 | 45 | 67 | 46 | 72 | 46 | 84 | 44 | 99 | 41 | 115 | 37 | 124 | 35 | 128 | 09:00 |
| | 10:00 | 48 | 136 | 54 | 125 | 59 | 106 | 61 | 84 | 60 | 67 | 58 | 61 | 60 | 67 | 61 | 84 | 59 | 106 | 54 | 125 | 48 | 136 | 46 | 139 | 10:00 |
| | 11:00 | 57 | 155 | 64 | 144 | 72 | 122 | 75 | 84 | 73 | 53 | 70 | 44 | 73 | 53 | 75 | 84 | 72 | 122 | 64 | 144 | 57 | 155 | 53 | 156 | 11:00 |
| | 12:00 | 60 | 180 | 69 | 180 | 80 | 180 | 89 | 0 | 80 | 0 | 77 | 0 | 80 | 0 | 89 | 0 | 80 | 180 | 69 | 180 | 60 | 180 | 57 | 180 | 12:00 |
| | 13:00 | 57 | 205 | 64 | 216 | 72 | 238 | 75 | 276 | 73 | 307 | 70 | 316 | 73 | 307 | 75 | 276 | 72 | 238 | 64 | 216 | 57 | 205 | 53 | 204 | 13:00 |
| | 14:00 | 48 | 224 | 54 | 235 | 59 | 254 | 61 | 276 | 60 | 293 | 58 | 299 | 60 | 293 | 61 | 276 | 59 | 254 | 54 | 235 | 48 | 224 | 46 | 221 | 14:00 |
| | 15:00 | 37 | 236 | 41 | 245 | 44 | 261 | 46 | 276 | 46 | 288 | 45 | 293 | 46 | 288 | 46 | 276 | 44 | 261 | 41 | 245 | 37 | 236 | 35 | 232 | 15:00 |
| | 16:00 | 24 | 243 | 27 | 252 | 30 | 265 | 31 | 277 | 32 | 288 | 32 | 292 | 32 | 288 | 31 | 277 | 30 | 265 | 27 | 252 | 24 | 243 | 23 | 239 | 16:00 |
| | 17:00 | 10 | 247 | 12 | 257 | 15 | 268 | 16 | 279 | 17 | 288 | 18 | 292 | 17 | 288 | 16 | 279 | 15 | 268 | 12 | 257 | 10 | 247 | 9 | 244 | 17:00 |
| | 18:00 | | | | | 1 | 270 | 2 | 282 | 3 | 290 | 4 | 293 | 3 | 290 | 2 | 282 | 1 | 270 | | | | | | | 18:00 |
| 20° | 06:00 | | | | | | | 4 | 79 | 7 | 71 | 8 | 68 | 7 | 71 | 4 | 79 | | | | | | | | | 06:00 |
| | 07:00 | 6 | 114 | 10 | 106 | 14 | 95 | 18 | 84 | 20 | 75 | 21 | 72 | 20 | 75 | 18 | 84 | 14 | 95 | 10 | 106 | 6 | 114 | 5 | 117 | 07:00 |
| | 08:00 | 19 | 121 | 23 | 112 | 28 | 101 | 32 | 89 | 34 | 79 | 35 | 75 | 34 | 79 | 32 | 89 | 28 | 101 | 23 | 112 | 19 | 121 | 17 | 124 | 08:00 |
| | 09:00 | 30 | 130 | 36 | 121 | 42 | 108 | 46 | 94 | 48 | 82 | 48 | 77 | 48 | 82 | 46 | 94 | 42 | 108 | 36 | 121 | 30 | 130 | 28 | 133 | 09:00 |
| | 10:00 | 40 | 142 | 47 | 133 | 55 | 120 | 59 | 102 | 62 | 85 | 62 | 77 | 62 | 85 | 59 | 102 | 55 | 120 | 47 | 133 | 40 | 142 | 38 | 145 | 10:00 |
| | 11:00 | 47 | 158 | 55 | 152 | 66 | 143 | 72 | 117 | 75 | 88 | 76 | 74 | 75 | 88 | 72 | 117 | 66 | 143 | 55 | 152 | 47 | 158 | 44 | 163 | 11:00 |
| | 12:00 | 50 | 180 | 59 | 180 | 70 | 180 | 81 | 180 | 90 | 0 | 87 | 0 | 90 | 0 | 81 | 180 | 70 | 180 | 59 | 180 | 50 | 180 | 47 | 180 | 12:00 |
| | 13:00 | 47 | 202 | 55 | 208 | 66 | 217 | 72 | 243 | 75 | 272 | 76 | 286 | 75 | 272 | 72 | 243 | 66 | 217 | 55 | 208 | 47 | 202 | 44 | 197 | 13:00 |
| | 14:00 | 40 | 218 | 47 | 227 | 55 | 240 | 59 | 258 | 62 | 275 | 62 | 283 | 62 | 275 | 59 | 258 | 55 | 240 | 47 | 227 | 40 | 218 | 38 | 215 | 14:00 |
| | 15:00 | 30 | 230 | 36 | 239 | 42 | 252 | 46 | 266 | 48 | 278 | 48 | 283 | 48 | 278 | 46 | 266 | 42 | 252 | 36 | 239 | 30 | 230 | 28 | 227 | 15:00 |
| | 16:00 | 19 | 239 | 23 | 248 | 28 | 259 | 32 | 271 | 34 | 281 | 35 | 285 | 34 | 281 | 32 | 271 | 28 | 259 | 23 | 248 | 19 | 239 | 17 | 236 | 16:00 |
| | 17:00 | 6 | 246 | 10 | 254 | 14 | 265 | 18 | 276 | 20 | 285 | 21 | 288 | 20 | 285 | 18 | 276 | 14 | 265 | 10 | 254 | 6 | 246 | 5 | 243 | 17:00 |
| | 18:00 | | | | | | | 4 | 281 | 7 | 289 | 8 | 292 | 7 | 289 | 4 | 281 | | | | | | | | | 18:00 |
| 30° | 06:00 | | | | | | | 6 | 80 | 10 | 72 | 11 | 69 | 10 | 72 | 6 | 80 | | | | | | | | | 06:00 |
| | 07:00 | 2 | 115 | 7 | 107 | 13 | 97 | 19 | 87 | 23 | 79 | 24 | 76 | 23 | 79 | 19 | 87 | 13 | 97 | 7 | 107 | 2 | 115 | | | 07:00 |
| | 08:00 | 14 | 124 | 19 | 116 | 26 | 106 | 31 | 95 | 35 | 86 | 37 | 82 | 35 | 86 | 31 | 95 | 26 | 106 | 19 | 116 | 14 | 124 | 11 | 126 | 08:00 |
| | 09:00 | 24 | 134 | 30 | 127 | 38 | 116 | 44 | 104 | 48 | 93 | 49 | 88 | 48 | 93 | 44 | 104 | 38 | 116 | 30 | 127 | 24 | 134 | 21 | 136 | 09:00 |
| | 10:00 | 32 | 146 | 40 | 141 | 49 | 130 | 56 | 117 | 61 | 103 | 62 | 96 | 61 | 103 | 56 | 117 | 49 | 130 | 40 | 141 | 32 | 146 | 29 | 149 | 10:00 |
| | 11:00 | 38 | 162 | 46 | 159 | 57 | 151 | 67 | 140 | 73 | 122 | 75 | 112 | 73 | 122 | 67 | 140 | 57 | 151 | 46 | 159 | 38 | 162 | 35 | 164 | 11:00 |
| | 12:00 | 40 | 180 | 49 | 180 | 60 | 180 | 71 | 180 | 80 | 180 | 83 | 180 | 80 | 180 | 71 | 180 | 60 | 180 | 49 | 180 | 40 | 180 | 37 | 180 | 12:00 |
| | 13:00 | 38 | 198 | 46 | 201 | 57 | 209 | 67 | 220 | 73 | 238 | 75 | 248 | 73 | 238 | 67 | 220 | 57 | 209 | 46 | 201 | 38 | 198 | 35 | 196 | 13:00 |
| | 14:00 | 32 | 214 | 40 | 219 | 49 | 230 | 56 | 243 | 61 | 257 | 62 | 264 | 61 | 257 | 56 | 243 | 49 | 230 | 40 | 219 | 32 | 214 | 29 | 211 | 14:00 |
| | 15:00 | 24 | 226 | 30 | 233 | 38 | 244 | 44 | 256 | 48 | 267 | 49 | 272 | 48 | 267 | 44 | 256 | 38 | 244 | 30 | 233 | 24 | 226 | 21 | 224 | 15:00 |
| | 16:00 | 14 | 236 | 19 | 244 | 26 | 254 | 31 | 265 | 35 | 274 | 37 | 278 | 35 | 274 | 31 | 265 | 26 | 254 | 19 | 244 | 14 | 236 | 11 | 234 | 16:00 |
| | 17:00 | 2 | 245 | 7 | 253 | 13 | 263 | 19 | 273 | 23 | 281 | 24 | 284 | 23 | 281 | 19 | 273 | 13 | 263 | 7 | 253 | 2 | 245 | | | 17:00 |
| | 18:00 | | | | | | | 6 | 280 | 10 | 288 | 11 | 291 | 10 | 288 | 6 | 280 | | | | | | | | | 18:00 |
| 40° | 06:00 | | | | | | | 7 | 81 | 13 | 74 | 15 | 72 | 13 | 74 | 7 | 81 | | | | | | | | | 06:00 |
| | 07:00 | | | 5 | 110 | 12 | 99 | 19 | 91 | 24 | 83 | 26 | 80 | 24 | 83 | 19 | 91 | 12 | 99 | 5 | 110 | | | | | 07:00 |
| | 08:00 | 8 | 125 | 15 | 119 | 23 | 110 | 30 | 102 | 35 | 93 | 37 | 89 | 35 | 93 | 30 | 102 | 23 | 110 | 15 | 119 | 8 | 125 | 5 | 127 | 08:00 |
| | 09:00 | 17 | 136 | 24 | 131 | 33 | 122 | 41 | 113 | 47 | 104 | 49 | 100 | 47 | 104 | 41 | 113 | 33 | 122 | 24 | 131 | 17 | 136 | 14 | 138 | 09:00 |
| | 10:00 | 24 | 149 | 32 | 145 | 42 | 138 | 51 | 129 | 57 | 118 | 60 | 114 | 57 | 118 | 51 | 129 | | | | | | | | | |

TABLA N° 8CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA °K

| Temperatura exterior a las 15 horas para el mes considerado menos temperatura interior | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| -16 | -21,2 | -21,7 | -22,3 | -22,8 | -23,3 | -23,8 | -24,2 | -24,7 | -25,1 | -25,6 | -26,0 | -26,5 | -27,0 | -27,4 | -27,9 | -28,8 | -29,3 | -29,8 |
| -12 | -17,2 | -17,7 | -18,3 | -18,8 | -19,3 | -19,8 | -20,2 | -20,7 | -21,1 | -21,6 | -22,0 | -22,5 | -23,0 | -23,4 | -23,9 | -24,8 | -25,3 | -25,8 |
| -8 | -13,3 | -13,7 | -14,3 | -14,8 | -15,3 | -15,8 | -16,2 | -16,7 | -17,1 | -17,6 | -18,0 | -18,5 | -19,0 | -19,4 | -19,9 | -20,8 | -21,3 | -21,8 |
| -4 | -9,2 | -9,7 | -10,3 | -10,8 | -11,3 | -11,8 | -12,2 | -12,7 | -13,1 | -13,6 | -14,0 | -14,5 | -15,0 | -15,4 | -15,9 | -16,8 | -17,3 | -17,8 |
| 0 | -5,0 | -5,5 | -6,1 | -6,6 | -7,1 | -7,6 | -8,0 | -8,5 | -8,9 | -9,4 | -9,8 | -10,3 | -10,8 | -11,2 | -11,7 | -12,6 | -13,1 | -13,6 |
| +2 | -3,1 | -3,6 | -4,2 | -4,7 | -5,2 | -5,6 | -6,1 | -6,6 | -7,0 | -7,5 | -7,9 | -8,4 | -8,9 | -9,3 | -9,8 | -10,6 | -11,1 | -11,7 |
| +4 | -1,1 | -1,6 | -2,2 | -2,7 | -3,2 | -3,6 | -4,1 | -4,6 | -5,0 | -5,5 | -5,9 | -6,4 | -6,9 | -7,3 | -7,8 | -8,9 | -9,1 | -9,7 |
| +6 | 8,8 | 0,3 | -0,3 | -0,8 | -1,3 | -1,7 | -2,2 | -2,7 | -3,1 | -3,6 | -4,0 | -4,5 | -5,0 | -5,4 | -5,9 | -6,7 | -7,2 | -7,8 |
| +8 | 2,8 | 2,3 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,3 | 0,0 | -0,7 | -1,1 | -1,6 | -2,0 | -2,5 | -3,0 | -3,4 | -3,9 | -4,7 | -5,2 | -5,8 |
| +10 | 4,7 | 4,2 | 3,6 | 3,1 | 2,6 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 0,8 | 0,3 | -0,1 | -0,6 | -1,1 | -1,5 | -2,0 | -2,8 | -3,3 | -3,9 |
| +12 | 6,8 | 6,3 | 5,7 | 5,2 | 4,7 | 4,3 | 3,8 | 3,3 | 2,9 | 2,4 | 1,8 | 1,3 | -0,8 | 0,4 | -0,1 | -0,7 | -1,2 | -1,8 |
| +14 | 8,8 | 8,3 | 7,7 | 7,2 | 6,7 | 6,3 | 5,8 | 5,3 | 4,9 | 4,4 | 3,8 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 1,9 | 1,3 | 0,8 | 0,2 |
| +16 | 10,8 | 10,3 | 9,7 | 9,2 | 8,7 | 8,3 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 5,8 | 5,3 | 4,8 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 2,8 | 2,2 |
| +18 | 12,8 | 12,3 | 11,7 | 11,2 | 10,7 | 10,3 | 9,8 | 9,3 | 8,9 | 8,4 | 7,8 | 7,3 | 6,8 | 6,4 | 5,9 | 5,3 | 4,8 | 4,2 |
| +20 | 14,8 | 14,3 | 13,7 | 13,2 | 12,7 | 12,3 | 11,8 | 11,3 | 10,9 | 10,4 | 9,8 | 9,3 | 8,8 | 8,4 | 7,9 | 7,3 | 6,8 | 6,2 |
| +22 | 16,9 | 16,4 | 15,8 | 15,3 | 14,8 | 14,4 | 13,9 | 13,4 | 13,0 | 12,5 | 11,9 | 11,4 | 10,9 | 10,5 | 10,0 | 9,4 | 8,9 | 8,3 |

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)
 Muros Soleados o en Sombra*
 Valedero para muros de color oscuro, 308 °K de temperatura exterior, 298 °K de temperatura interior, 10,9 °K de variación de la temperatura
 mes de Enero y 34° 35' de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

| ORIENTACION LATITUD SUR | Peso del Muro *** (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ORIENTACION LATITUD NORTE |
|----------------------------|------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------------------------------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| SURESTE | 100 | 4,5 | 10,0 | 13,9 | 14,5 | 15,0 | 12,3 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 8,9 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 0,6 | 0,0 | -0,5 | 0,6 | |
| | 300 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 4,5 | 15,0 | 13,9 | 12,8 | 10,0 | 7,2 | 7,8 | 8,4 | 8,9 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | |
| | 500 | 3,9 | 3,4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 7,2 | 10,6 | 10,0 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 7,8 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | |
| | 700 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 7,2 | 9,5 | 10,6 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | 5,6 | |
| ESTE | 100 | 2,2 | 11,1 | 18,4 | 20,0 | 21,7 | 21,1 | 19,5 | 12,8 | 8,4 | 8,9 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | |
| | 300 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 13,4 | 18,4 | 18,9 | 12,3 | 9,5 | 8,9 | 8,9 | 8,9 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,1 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | |
| | 500 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 6,1 | 9,5 | 12,8 | 15,0 | 15,6 | 15,0 | 12,8 | 11,7 | 10,6 | 9,5 | 9,5 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | |
| | 700 | 7,8 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 10,0 | 11,7 | 12,3 | 11,7 | 11,1 | 10,6 | 9,5 | 8,4 | 8,9 | 9,5 | 9,5 | 8,9 | 8,9 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | |
| NORDESTE | 100 | 7,2 | 5,0 | 8,9 | 12,3 | 16,1 | 16,7 | 17,3 | 16,1 | 15,0 | 12,3 | 10,6 | 10,0 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | |
| | 300 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 8,9 | 12,8 | 15,0 | 17,3 | 16,1 | 15,6 | 13,4 | 11,7 | 10,0 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 3,4 | 2,8 | |
| | 500 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 7,8 | 10,6 | 11,1 | 11,7 | 12,3 | 11,7 | 11,1 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 5,6 | |
| | 700 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 7,8 | 9,5 | 10,0 | 10,6 | 11,7 | 10,6 | 10,0 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | |
| NORTE (Sombra) | 100 | 1,2 | 0,6 | -0,5 | 2,2 | 3,9 | 9,5 | 13,9 | 16,7 | 18,4 | 17,3 | 16,1 | 12,8 | 10,6 | 8,4 | 7,2 | 5,6 | 5,0 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | |
| | 300 | 1,2 | 0,0 | -0,5 | 0,0 | 0,6 | 5,6 | 8,4 | 12,8 | 15,0 | 15,6 | 16,1 | 14,5 | 12,8 | 10,0 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | |
| | 500 | 3,9 | 3,9 | 2,8 | 2,8 | 3,4 | 3,9 | 6,1 | 8,4 | 10,0 | 10,6 | 11,7 | 11,7 | 10,0 | 9,5 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | |
| | 700 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 5,6 | 7,2 | 8,9 | 9,5 | 10,0 | 10,59 | 9,5 | 8,4 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | |
| NOROESTE | 100 | 0,6 | -0,5 | -0,5 | 0,6 | 1,7 | 3,9 | 5,0 | 12,3 | 16,1 | 20,6 | 23,9 | 24,5 | 25,0 | 18,4 | 15,0 | 8,4 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | |
| | 300 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 6,1 | 8,4 | 15,0 | 19,5 | 21,1 | 21,7 | 21,1 | 20,6 | 12,8 | 7,2 | 5,6 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,9 | 3,4 | 3,4 | |
| | 500 | 5,6 | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 4,5 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 8,4 | 9,5 | 12,3 | 13,9 | 14,5 | 15,0 | 14,5 | 13,9 | 10,0 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 5,6 | |
| | 700 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 10,0 | 11,7 | 12,3 | 12,8 | 8,9 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | |
| OESTE | 100 | 0,6 | 0,0 | -0,5 | 0,6 | 1,7 | 3,4 | 5,0 | 9,5 | 12,8 | 19,5 | 23,9 | 26,7 | 28,4 | 20,6 | 13,9 | 9,5 | 6,1 | 4,5 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | |
| | 300 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,8 | 3,9 | 5,6 | 7,2 | 12,3 | 16,1 | 20,6 | 23,9 | 24,5 | 21,7 | 17,3 | 10,6 | 7,2 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 3,4 | 2,8 | |
| | 500 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 7,2 | 8,4 | 11,1 | 12,8 | 15,6 | 17,3 | 16,7 | 16,1 | 12,3 | 9,5 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | |
| | 700 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,8 | 8,4 | 9,5 | 10,6 | 13,4 | 13,9 | 14,5 | 13,9 | 12,8 | 11,7 | 10,6 | 10,0 | 8,9 | |
| SUROESTE | 100 | 0,0 | -0,5 | -0,5 | 0,6 | 1,7 | 3,4 | 5,0 | 7,2 | 8,4 | 12,3 | 15,0 | 20,0 | 23,9 | 22,3 | 20,6 | 11,7 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | |
| | 300 | 0,6 | 0,0 | -0,5 | 0,0 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 5,0 | 6,1 | 7,2 | 8,4 | 13,4 | 18,4 | 18,9 | 19,5 | 13,4 | 8,4 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 3,4 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | |
| | 500 | 4,5 | 3,9 | -0,5 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 4,5 | 5,0 | 6,7 | 8,4 | 11,1 | 12,8 | 13,4 | 13,9 | 9,5 | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 4,5 | |
| | 700 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 9,5 | 11,7 | 12,3 | 12,8 | 10,6 | 8,9 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | |
| SUR | 100 | 0,0 | 0,0 | -0,5 | 0,0 | 0,6 | 2,2 | 3,9 | 6,1 | 7,2 | 8,4 | 9,5 | 8,9 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | |
| | 300 | 0,0 | 0,0 | -0,5 | 0,0 | 0,6 | 1,2 | 1,7 | 3,4 | 5,0 | 6,1 | 7,2 | 7,8 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,2 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 2,8 | |
| | 500 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,4 | 3,9 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | |
| | 700 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,4 | 3,9 | 4,5 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,8 | 2,2 | |
| ORIENTACION | Peso del Muro *** (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ORIENTACION |

Ecuacion: Ganancias por transmision a traves de los muros (W) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmision)

* Valido tanto si el muro tiene o no aislamiento

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

*** El peso por m² inferiores a 100 kg/m², tomar los valores correspondientes a 100 kg/m²

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)

Muros Soleados o en Sombra*
Valedero para muros de color medio (Verde, azul o gris claro etc.), 308 °C de temperatura exterior, 298 °K de temperatura interior, 10,9 °K de
mes de Enero y 34° 35' de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

| ORIENTACION LATITUD SUR | Peso del Muro *** (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ORIENTACION LATITUD NORTE | |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|--|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| SURESTE | 100 | 3,9 | 8,2 | 11,2 | 11,7 | 12,1 | 10,0 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,8 | | |
| | 300 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 3,4 | 12,1 | 11,2 | 10,4 | 8,2 | 6,0 | 6,4 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | | |
| | 500 | 3,4 | 3,0 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 6,0 | 8,6 | 8,2 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 6,4 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | 3,9 | | |
| | 700 | 3,9 | 3,9 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 6,0 | 7,8 | 8,6 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 4,7 | 4,7 | | |
| | 100 | 2,1 | 9,0 | 14,7 | 16,0 | 17,3 | 16,8 | 15,6 | 10,4 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | | |
| ESTE | 300 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 10,8 | 14,7 | 15,1 | 15,1 | 10,0 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,1 | 3,9 | 3,4 | 3,0 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | | |
| | 500 | 3,9 | 3,9 | 4,3 | 5,1 | 7,8 | 10,4 | 12,1 | 12,5 | 12,1 | 10,4 | 9,5 | 8,6 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | | |
| | 700 | 6,4 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 8,2 | 9,5 | 10,0 | 9,5 | 9,0 | 8,6 | 7,8 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,3 | 7,3 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | | |
| | 100 | 6,0 | 4,3 | 7,3 | 10,0 | 12,9 | 13,4 | 13,9 | 12,9 | 12,1 | 10,0 | 8,6 | 8,2 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | | |
| | 300 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 7,3 | 10,4 | 12,1 | 13,9 | 12,9 | 12,5 | 10,8 | 9,5 | 8,2 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | | |
| NORDESTE | 500 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 6,4 | 8,6 | 9,0 | 9,5 | 10,0 | 9,5 | 9,0 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 5,1 | 4,7 | | |
| | 700 | 5,6 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 6,4 | 7,8 | 8,2 | 8,6 | 9,5 | 8,6 | 8,2 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,4 | 6,4 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | | |
| | 100 | 1,3 | 0,8 | 0,0 | 2,1 | 3,4 | 7,8 | 11,2 | 13,4 | 14,7 | 13,9 | 12,9 | 10,4 | 8,6 | 6,9 | 6,0 | 4,7 | 4,3 | 3,0 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,3 | | |
| | 300 | 1,3 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 4,7 | 6,9 | 10,4 | 12,1 | 12,5 | 12,9 | 11,7 | 10,4 | 8,2 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | | |
| | 500 | 3,4 | 3,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 3,4 | 5,1 | 6,9 | 8,2 | 8,6 | 9,5 | 9,5 | 8,2 | 7,8 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | | |
| SUR | 700 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 4,7 | 6,0 | 7,3 | 7,8 | 8,2 | 8,63 | 8,63 | 7,8 | 6,9 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 4,7 | | |
| | 100 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 1,7 | 3,4 | 4,3 | 10,0 | 12,9 | 16,4 | 19,0 | 19,5 | 19,9 | 14,7 | 12,1 | 6,9 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | | |
| | 300 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 5,1 | 6,9 | 12,1 | 15,6 | 16,8 | 17,3 | 16,8 | 16,4 | 10,4 | 6,0 | 4,7 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,4 | 3,0 | 3,0 | | |
| | 500 | 4,7 | 3,9 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 6,9 | 7,8 | 10,0 | 11,2 | 11,7 | 12,1 | 11,7 | 11,2 | 8,2 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 4,7 | | |
| | 700 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 8,2 | 9,5 | 10,0 | 10,4 | 7,3 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | | |
| SUDOESTE | 100 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,8 | 1,7 | 3,0 | 4,3 | 7,8 | 10,4 | 15,6 | 19,0 | 21,2 | 22,5 | 16,4 | 11,2 | 7,8 | 5,1 | 3,9 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | | |
| | 300 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,5 | 3,4 | 4,7 | 6,0 | 10,0 | 12,9 | 16,4 | 19,0 | 19,5 | 17,3 | 13,9 | 8,6 | 6,0 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | | |
| | 500 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 9,0 | 10,4 | 12,5 | 13,9 | 13,4 | 12,9 | 10,0 | 7,8 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | | |
| | 700 | 6,9 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,4 | 6,9 | 7,8 | 8,6 | 10,8 | 11,2 | 11,7 | 11,2 | 10,4 | 9,5 | 8,6 | 8,2 | 7,3 | | |
| | 100 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 1,7 | 3,0 | 4,3 | 6,0 | 6,9 | 10,0 | 12,1 | 16,0 | 19,0 | 17,8 | 16,4 | 9,5 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | | |
| OESTE | 300 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 4,3 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 10,8 | 14,7 | 15,1 | 15,6 | 10,8 | 6,9 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 3,0 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | | |
| | 500 | 3,9 | 3,4 | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,9 | 4,3 | 5,6 | 6,9 | 9,0 | 10,4 | 10,8 | 11,2 | 7,8 | 5,1 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | | |
| | 700 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 7,8 | 9,5 | 10,0 | 10,4 | 8,6 | 7,3 | 6,4 | 6,0 | 5,6 | | |
| | 100 | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 2,1 | 3,4 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | | |
| | 300 | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 1,7 | 3,0 | 4,3 | 5,1 | 6,0 | 6,4 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,0 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 2,5 | | |
| NOROESTE | 500 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 3,0 | 3,4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 3,9 | 3,4 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | 2,5 | 2,1 | | |
| | 700 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 3,0 | 3,4 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 4,7 | 4,3 | 3,4 | 3,0 | 2,5 | 2,1 | | |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ORIENTACION | Peso del Muro *** (kg/m2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ecuacion: Ganancias por transmision a traves de los muros (kcal/h) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmision)

* Valido tanto si el muro tiene o no aislamiento

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

*** El peso por m² inferiores a 100 kg/m², tomar los valores correspondientes a 100 kg/m²

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)

Valedero para muros de **color Claro** (blanco, crema etc.), 308 °K de temperatura exterior, 298 °K de temperatura interior, 10,9 °K de variación mes de Enero y 34° 35´ de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

Muros Soleados o en Sombra*

| ORIENTACION LATITUD SUR | Peso del Muro *** (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ORIENTACION LATITUD NORTE |
|----------------------------|------------------------------------|------------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| SURESTE | 100 | 3,2 | 6,3 | 8,4 | 8,7 | 9,0 | 7,5 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 1,1 | |
| | 300 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 3,2 | 9,0 | 8,4 | 7,8 | 6,3 | 4,7 | 5,0 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | |
| | 500 | 2,9 | 2,6 | 2,9 | 2,9 | 4,7 | 6,6 | 6,3 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 5,0 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | 3,2 | |
| | 700 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4,7 | 6,0 | 6,6 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,1 | 3,8 | 3,8 | |
| ESTE | 100 | 2,0 | 6,9 | 10,9 | 11,8 | 12,7 | 12,4 | 11,5 | 7,8 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 0,7 | 0,7 | |
| | 300 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 8,1 | 10,9 | 11,2 | 11,2 | 7,5 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,1 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | |
| | 500 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 4,1 | 6,0 | 7,8 | 9,0 | 9,3 | 9,0 | 7,8 | 7,2 | 6,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 3,8 | 3,8 | 3,5 | |
| | 700 | 5,0 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 6,3 | 7,2 | 7,5 | 7,2 | 6,9 | 6,6 | 6,0 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,6 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | |
| NORDESTE | 100 | 4,7 | 3,5 | 5,6 | 7,5 | 9,6 | 9,9 | 10,3 | 9,6 | 9,0 | 7,5 | 6,6 | 6,3 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | |
| | 300 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 5,6 | 7,8 | 9,0 | 10,3 | 9,6 | 9,3 | 8,1 | 7,2 | 6,3 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,6 | 2,3 | |
| | 500 | 3,8 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 5,0 | 6,6 | 6,9 | 7,2 | 7,5 | 7,2 | 6,9 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | |
| | 700 | 4,4 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 5,0 | 6,0 | 6,3 | 6,6 | 7,2 | 6,6 | 6,3 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,0 | 5,0 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | |
| NORTE (Sombra) | 100 | 1,4 | 1,1 | 0,5 | 2,0 | 2,9 | 6,0 | 8,4 | 9,9 | 10,9 | 10,3 | 9,6 | 7,8 | 6,6 | 5,4 | 4,7 | 3,8 | 3,5 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | |
| | 300 | 1,4 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 3,8 | 5,4 | 7,8 | 9,0 | 9,3 | 9,6 | 8,7 | 7,8 | 6,3 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | |
| | 500 | 2,9 | 2,9 | 2,3 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 4,1 | 5,4 | 6,3 | 6,6 | 7,2 | 7,2 | 6,3 | 6,0 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | 3,2 | |
| | 700 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,8 | 4,7 | 5,6 | 6,0 | 6,3 | 6,58 | 6,0 | 5,4 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | |
| SUDESTE | 100 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 1,1 | 1,7 | 2,9 | 3,5 | 7,5 | 9,6 | 12,1 | 13,9 | 14,2 | 14,5 | 10,9 | 9,0 | 5,4 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | |
| | 300 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 4,1 | 5,4 | 9,0 | 11,5 | 12,4 | 12,7 | 12,4 | 12,1 | 7,8 | 4,7 | 3,8 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | |
| | 500 | 3,8 | 3,2 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 5,4 | 6,0 | 7,5 | 8,4 | 8,7 | 9,0 | 8,7 | 8,4 | 6,3 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,1 | 3,8 | |
| | 700 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 6,3 | 7,2 | 7,5 | 7,8 | 5,6 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | |
| SUOESTE | 100 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 1,1 | 1,7 | 2,6 | 3,5 | 6,0 | 7,8 | 11,5 | 13,9 | 15,5 | 16,4 | 12,1 | 8,4 | 6,0 | 4,1 | 3,2 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | |
| | 300 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,3 | 2,9 | 3,8 | 4,7 | 7,5 | 9,6 | 12,1 | 13,9 | 14,2 | 12,7 | 10,3 | 6,6 | 4,7 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,6 | 2,3 | |
| | 500 | 3,8 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,7 | 5,4 | 6,9 | 7,8 | 9,3 | 10,3 | 9,9 | 9,6 | 7,5 | 6,0 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | |
| | 700 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 5,0 | 5,4 | 6,0 | 6,6 | 8,1 | 8,4 | 8,7 | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,6 | 6,3 | 5,6 | 5,6 | |
| OESTE | 100 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,1 | 1,7 | 2,6 | 3,5 | 4,7 | 5,4 | 7,5 | 9,0 | 11,8 | 13,9 | 13,0 | 12,1 | 7,2 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | |
| | 300 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,7 | 2,3 | 3,5 | 4,1 | 4,7 | 5,4 | 8,1 | 10,9 | 11,2 | 11,5 | 8,1 | 5,4 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,6 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | |
| | 500 | 3,2 | 2,9 | 0,5 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 6,0 | 8,4 | 6,0 | 4,1 | 3,8 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | |
| | 700 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 6,0 | 7,2 | 7,5 | 7,8 | 6,6 | 5,6 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | |
| NOROESTE | 100 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 2,0 | 2,9 | 4,1 | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | |
| | 300 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,6 | 3,5 | 4,1 | 4,7 | 5,0 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 4,7 | 4,1 | 3,5 | 2,9 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | 2,3 | |
| | 500 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,6 | 2,3 | 2,3 | 2,0 | |
| | 700 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 2,9 | 2,6 | 2,3 | 2,3 | 2,0 | |
| ORIENTACION | Peso del Muro *** (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través de los muros (W) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)

* Valido tanto si el muro tiene o no aislamiento

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

*** El peso por m² inferiores a 100 kg/m², tomar los valores correspondientes a 100 kg/m²

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°c)

Techo Soleados o en Sombra*

Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 25 °C de temperatura interior, 10,9 °C de variación de la temperatura en mes de Enero y 34,5° de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

| CONDICIONES | Peso del Techo (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLEADO | 50 | -0,6 | -1,7 | -2,3 | -1,2 | 1,2 | 5,6 | 10,1 | 15,2 | 19,7 | 23,1 | 25,9 | 27,6 | 27,0 | 24,8 | 21,3 | 17,5 | 14,0 | 10,7 | 7,3 | 5,6 | 3,4 | 2,2 | 1,2 | 0,0 |
| | 100 | 1,7 | 1,2 | 0,6 | 1,2 | 2,8 | 6,7 | 10,7 | 14,7 | 18,6 | 22,0 | 24,8 | 25,9 | 25,9 | 24,2 | 21,3 | 18,6 | 15,8 | 12,9 | 10,1 | 8,5 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 |
| | 200 | 3,9 | 3,4 | 0,6 | 3,4 | 5,0 | 7,3 | 10,7 | 14,7 | 17,5 | 20,2 | 23,1 | 24,2 | 24,8 | 23,7 | 21,3 | 19,7 | 17,5 | 15,2 | 12,9 | 11,2 | 9,0 | 7,9 | 6,7 | 5,0 |
| | 300 | 6,7 | 6,1 | 5,0 | 5,6 | 6,1 | 7,9 | 10,7 | 14,0 | 16,9 | 19,1 | 21,3 | 23,1 | 23,7 | 23,1 | 22,0 | 20,8 | 19,1 | 17,5 | 15,8 | 14,0 | 11,8 | 10,7 | 9,0 | 7,9 |
| | 400 | 9,0 | 8,5 | 7,9 | 7,9 | 8,5 | 9,0 | 10,7 | 14,0 | 16,3 | 17,5 | 19,7 | 21,3 | 22,6 | 22,6 | 21,3 | 20,8 | 20,8 | 19,7 | 18,6 | 16,9 | 14,7 | 12,9 | 11,8 | 9,6 |
| CUBIERTO CON AGUA | 100 | -1,2 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 3,9 | 7,3 | 10,7 | 12,4 | 14,0 | 12,9 | 11,8 | 10,7 | 9,6 | 8,5 | 7,3 | 5,0 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 0,6 | 0,0 | -0,6 | -1,2 |
| | 200 | 0,0 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 4,5 | 7,3 | 9,0 | 10,1 | 10,1 | 10,7 | 10,1 | 10,1 | 10,7 | 10,1 | 9,6 | 8,5 | 7,3 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 1,7 |
| | 300 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 2,8 | 4,5 | 5,6 | 7,3 | 8,5 | 9,6 | 10,1 | 10,7 | 10,1 | 9,6 | 8,5 | 7,3 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 1,2 | 1,7 |
| ROCIADO | 100 | -0,6 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 3,9 | 6,1 | 8,5 | 10,1 | 11,8 | 11,2 | 10,7 | 10,1 | 9,6 | 8,5 | 7,3 | 5,0 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| | 200 | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 2,8 | 4,5 | 6,7 | 9,0 | 9,6 | 9,6 | 9,6 | 9,6 | 9,0 | 8,5 | 6,7 | 5,6 | 4,5 | 3,4 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,2 | 1,2 |
| | 300 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 4,5 | 6,1 | 7,3 | 8,5 | 9,0 | 9,6 | 9,0 | 8,5 | 7,9 | 7,3 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 |
| EN LA SOMBRA | 100 | -1,2 | -1,2 | -0,6 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 5,0 | 6,7 | 8,5 | 9,0 | 9,6 | 9,0 | 8,5 | 7,3 | 6,1 | 4,5 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 0,0 | -0,6 | -1,2 | -1,2 |
| | 200 | -1,2 | -1,2 | -0,6 | 0,0 | 0,6 | 1,7 | 2,8 | 4,5 | 6,1 | 7,3 | 8,5 | 9,0 | 8,5 | 7,9 | 7,3 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 0,0 | -0,6 | -1,2 |
| | 300 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,7 | 2,8 | 3,9 | 5,0 | 6,1 | 6,7 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 6,7 | 6,1 | 5,0 | 3,9 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 0,6 |
| CONDICIONES | Peso del Muro (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (kcal/h) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)

* Si las bóvedas o buhardillas están ventiladas o si el techo está aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.

Para techos inclinados considerar la proyección horizontal de la superficie

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)

Techo Soleados o en Sombra*

Valedero para techos de **color Medio**, 308 °C de temperatura exterior, 298 °C de temperatura interior, 10,9 °K de variación de la temperatura mes de Enero y 34,5° de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

| CONDICIONES | Peso del Techo (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| SOLEADO | 50 | -0,1 | -0,9 | -1,4 | -0,5 | 1,3 | 4,8 | 8,2 | 12,2 | 15,8 | 18,4 | 20,6 | 21,9 | 21,4 | 19,7 | 17,0 | 14,0 | 11,3 | 8,7 | 6,0 | 4,8 | 3,0 | 2,1 | 1,3 | 0,3 |
| | 100 | 1,7 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | 2,5 | 5,6 | 8,7 | 11,8 | 14,9 | 17,5 | 19,7 | 20,6 | 20,6 | 19,2 | 17,0 | 14,9 | 12,7 | 10,5 | 8,2 | 7,0 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 2,5 |
| | 200 | 3,4 | 3,0 | 0,8 | 3,0 | 4,3 | 6,0 | 8,7 | 11,8 | 14,0 | 16,2 | 18,4 | 19,2 | 19,7 | 18,8 | 17,0 | 15,8 | 14,0 | 12,2 | 10,5 | 9,1 | 7,4 | 6,5 | 5,6 | 4,3 |
| | 300 | 5,6 | 5,2 | 4,3 | 4,8 | 5,2 | 6,5 | 8,7 | 11,3 | 13,5 | 15,3 | 17,0 | 18,4 | 18,8 | 18,4 | 17,5 | 16,6 | 15,3 | 14,0 | 12,7 | 11,3 | 9,6 | 8,7 | 7,4 | 6,5 |
| | 400 | 7,4 | 7,0 | 6,5 | 6,5 | 7,0 | 7,4 | 8,7 | 11,3 | 13,1 | 14,0 | 15,8 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 17,0 | 16,6 | 16,6 | 15,8 | 14,9 | 13,5 | 11,8 | 10,5 | 9,6 | 7,8 |
| CUBIERTO CON AGUA | 100 | -0,5 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 3,4 | 6,0 | 8,7 | 10,1 | 11,3 | 10,5 | 9,6 | 8,7 | 7,8 | 7,0 | 6,0 | 4,3 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,3 | 0,8 | 0,3 | -0,1 | -0,5 |
| | 200 | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 3,9 | 6,0 | 7,4 | 8,2 | 8,2 | 8,7 | 8,2 | 8,2 | 7,8 | 7,0 | 6,0 | 4,8 | 3,9 | 3,0 | 2,1 | 1,3 | 0,8 | 0,3 | 0,3 |
| | 300 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 2,5 | 3,9 | 4,8 | 6,0 | 7,0 | 7,8 | 8,2 | 8,7 | 8,2 | 7,8 | 7,0 | 6,0 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 3,0 | 2,5 | 1,3 | 1,7 |
| ROCIADO | 100 | -0,1 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 3,4 | 5,2 | 7,0 | 8,2 | 9,6 | 9,1 | 8,7 | 8,2 | 7,8 | 7,0 | 6,0 | 4,3 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 0,3 | 0,3 |
| | 200 | 0,8 | 0,8 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 2,5 | 3,9 | 5,6 | 7,4 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,4 | 7,0 | 5,6 | 4,8 | 3,9 | 3,0 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,3 | 1,3 |
| | 300 | 1,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 3,9 | 5,2 | 6,0 | 7,0 | 7,4 | 7,8 | 7,4 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 |
| EN LA SOMBRA | 100 | -0,5 | -0,5 | -0,1 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 4,3 | 5,6 | 7,0 | 7,4 | 7,8 | 7,4 | 7,0 | 6,0 | 5,2 | 3,9 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 0,3 | -0,1 | -0,5 | -0,5 |
| | 200 | -0,5 | -0,5 | -0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,7 | 2,5 | 3,9 | 5,2 | 6,0 | 7,0 | 7,4 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 1,7 | 1,3 | 0,3 | -0,1 | -0,5 |
| | 300 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,3 | 1,7 | 2,5 | 3,4 | 4,3 | 5,2 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 0,8 |
| CONDICIONES | Peso del Muro (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (W) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)

* Si las bovedas o buhardillas estan ventiladas o si el techo esta aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.

Para techos inclinados considerar la proyeccion horizontal de la superficie

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)

Techo Soleados o en Sombra*

Valedero para techos de color Claro, 308 °K de temperatura exterior, 278 °K de temperatura interior, 10,9 °K de variación de la temperatura en mes de Enero y 34,5° de latitud Sur** (Ciudad de Buenos Aires)

| CONDICIONES | Peso del Techo (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| SOLEADO | 50 | 0,6 | 0,0 | -0,3 | 0,3 | 1,4 | 3,7 | 5,9 | 8,4 | 10,7 | 12,4 | 13,8 | 14,7 | 14,4 | 13,2 | 11,5 | 9,6 | 7,9 | 6,2 | 4,5 | 3,7 | 2,5 | 1,9 | 1,4 | 0,8 |
| | 100 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 2,2 | 4,2 | 6,2 | 8,2 | 10,1 | 11,8 | 13,2 | 13,8 | 13,8 | 12,9 | 11,5 | 10,1 | 8,7 | 7,3 | 5,9 | 5,1 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,2 |
| | 200 | 2,8 | 2,5 | 1,1 | 2,5 | 3,4 | 4,5 | 6,2 | 8,2 | 9,6 | 11,0 | 12,4 | 12,9 | 13,2 | 12,7 | 11,5 | 10,7 | 9,6 | 8,4 | 7,3 | 6,4 | 5,3 | 4,8 | 4,2 | 3,4 |
| | 300 | 4,2 | 3,9 | 3,4 | 3,7 | 3,9 | 4,8 | 6,2 | 7,9 | 9,3 | 10,4 | 11,5 | 12,4 | 12,7 | 12,4 | 11,8 | 11,3 | 10,4 | 9,6 | 8,7 | 7,9 | 6,7 | 6,2 | 5,3 | 4,8 |
| | 400 | 5,3 | 5,1 | 4,8 | 4,8 | 5,1 | 5,3 | 6,2 | 7,9 | 9,0 | 9,6 | 10,7 | 11,5 | 12,1 | 12,1 | 11,5 | 11,3 | 11,3 | 10,7 | 10,1 | 9,3 | 8,2 | 7,3 | 6,7 | 5,6 |
| CUBIERTO CON AGUA | 100 | 0,3 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 4,5 | 6,2 | 7,1 | 7,9 | 7,3 | 6,7 | 6,2 | 5,6 | 5,1 | 4,5 | 3,4 | 2,2 | 1,9 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,3 |
| | 200 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 3,1 | 4,5 | 5,3 | 5,9 | 5,9 | 6,2 | 5,9 | 5,9 | 5,6 | 5,1 | 4,5 | 3,7 | 3,1 | 2,5 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 0,8 | 0,8 |
| | 300 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 2,2 | 3,1 | 3,7 | 4,5 | 5,1 | 5,6 | 5,9 | 6,2 | 5,9 | 5,6 | 5,1 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,4 | 1,7 |
| ROCIADO | 100 | 0,6 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,9 | 5,1 | 5,9 | 6,7 | 6,4 | 6,2 | 5,9 | 5,6 | 5,1 | 4,5 | 3,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 0,8 | 0,8 |
| | 200 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 3,1 | 4,2 | 5,3 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,3 | 5,1 | 4,2 | 3,7 | 3,1 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,4 |
| | 300 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 3,1 | 3,9 | 4,5 | 5,1 | 5,3 | 5,6 | 5,3 | 5,1 | 4,8 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,4 |
| EN LA SOMBRA | 100 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 3,4 | 4,2 | 5,1 | 5,3 | 5,6 | 5,3 | 5,1 | 4,5 | 3,9 | 3,1 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,3 |
| | 200 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 3,1 | 3,9 | 4,5 | 5,1 | 5,3 | 5,1 | 4,8 | 4,5 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,3 |
| | 300 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,4 | 3,9 | 4,2 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,2 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,1 |
| CONDICIONES | Peso del Muro (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (W) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)

* Si las bóvedas o buhardillas están ventiladas o si el techo está aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.

Para techos inclinados considerar la proyección horizontal de la superficie

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°K)

Muros Soleados o en Sombra*
 Valedero para muros de color oscuro , 308 °K de temperatura exterior, 300 °K de temperatura interior, 11 °K de
 mes de julio y 40° de latitud Norte**

| ORIENTACIÓN LATITUD SUR | Peso del Muro *** (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ORIENTACIÓN LATITUD NORTE |
|----------------------------|------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| SURESTE | 100 | 2,8 | 8,3 | 12,2 | 12,8 | 13,3 | 10,6 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | -1,1 | -1,7 | -2,2 | -1,1 | |
| | 300 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | 2,8 | 13,3 | 12,2 | 11,1 | 8,3 | 5,5 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 | |
| | 500 | 2,2 | 1,7 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 5,5 | 8,9 | 8,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 6,1 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | 2,8 | |
| | 700 | 2,8 | 2,8 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 5,5 | 7,8 | 8,9 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5 | 5 | 4,4 | 3,9 | 3,9 |
| ESTE | 100 | 0,5 | 9,4 | 16,7 | 18,3 | 20 | 19,4 | 17,8 | 11,1 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | -0,5 | -1,1 | -1,7 | -1,7 | |
| | 300 | -0,5 | -0,5 | 0 | 11,7 | 16,7 | 17,2 | 17,2 | 10,6 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,4 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 0,5 | 0,5 | 0 | |
| | 500 | 2,8 | 2,8 | 3,3 | 4,4 | 7,8 | 11,1 | 13,3 | 13,9 | 13,3 | 11,1 | 10 | 8,9 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5 | 4,4 | 3,9 | 3,9 | 3,3 | |
| | 700 | 6,1 | 5,5 | 5,5 | 5 | 4,4 | 5 | 5,5 | 8,3 | 10 | 10,6 | 10 | 9,4 | 8,9 | 7,8 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | |
| NORDESTE | 100 | 5,5 | 3,3 | 7,2 | 10,6 | 14,4 | 15 | 15,6 | 14,4 | 13,3 | 10,6 | 8,9 | 8,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | -0,5 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | |
| | 300 | 0,5 | 0,5 | 0 | 7,2 | 11,1 | 13,3 | 15,6 | 14,4 | 13,9 | 11,7 | 10 | 8,3 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,1 | |
| | 500 | 3,9 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 6,1 | 8,9 | 9,4 | 10 | 10,6 | 10 | 9,4 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5 | 5 | 4,4 | 4,4 | 3,9 | |
| | 700 | 5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 6,1 | 7,8 | 8,3 | 8,9 | 10 | 8,9 | 8,3 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 5,5 | 5,5 | 5 | |
| NORTE (Sombra) | 100 | -0,5 | -1,1 | -2,2 | 0,5 | 2,2 | 7,8 | 12,2 | 15 | 16,7 | 15,6 | 14,4 | 11,1 | 8,9 | 6,7 | 5,5 | 3,9 | 3,3 | 1,7 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | -0,5 | |
| | 300 | -0,5 | -1,7 | -2,2 | -1,1 | -1,1 | 3,9 | 6,7 | 11,1 | 13,3 | 13,9 | 14,4 | 12,8 | 11,1 | 8,3 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0 | -0,5 | |
| | 500 | 2,2 | 2,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 4,4 | 6,7 | 8,3 | 8,9 | 10 | 10 | 8,3 | 7,8 | 6,1 | 5,5 | 5 | 4,4 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | |
| | 700 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 3,9 | 5,5 | 7,2 | 7,8 | 8,3 | 8,9 | 8,9 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 5,5 | 5 | 5 | 4,4 | 3,9 | |
| NOROESTE | 100 | -1,1 | -2,2 | -2,2 | -1,1 | 0 | 2,2 | 3,3 | 10,6 | 14,4 | 18,9 | 22,2 | 22,8 | 23,3 | 16,7 | 13,3 | 6,7 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0 | -0,5 | -0,5 | |
| | 300 | 1,1 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 1,1 | 4,4 | 6,7 | 13,3 | 17,8 | 19,4 | 20 | 19,4 | 18,9 | 11,1 | 5,5 | 3,9 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | |
| | 500 | 3,9 | 2,8 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 2,8 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 6,7 | 7,8 | 10,6 | 12,2 | 12,8 | 13,3 | 12,8 | 12,2 | 8,3 | 5,5 | 5,5 | 5 | 5 | 4,4 | 3,9 | |
| | 700 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 5 | 5,5 | 8,3 | 10 | 10,6 | 11,1 | 7,2 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | |
| OESTE | 100 | -1,1 | -1,7 | -2,2 | -1,1 | 0 | 1,7 | 3,3 | 7,8 | 11,1 | 17,8 | 22,2 | 25 | 26,7 | 18,9 | 12,2 | 7,8 | 4,4 | 2,8 | 1,1 | 0,5 | 0 | 0 | -0,5 | -0,5 | |
| | 300 | 1,1 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 1,1 | 2,2 | 3,9 | 5,5 | 10,6 | 14,4 | 18,9 | 22,2 | 22,8 | 20 | 15,6 | 8,9 | 5,5 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,1 | |
| | 500 | 3,9 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 5,5 | 6,7 | 9,4 | 11,1 | 13,9 | 15,6 | 15 | 14,4 | 10,6 | 7,8 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5 | 4,4 | |
| | 700 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 5 | 5,5 | 5,5 | 6,1 | 6,7 | 7,8 | 8,9 | 11,7 | 12,2 | 12,8 | 12,2 | 11,1 | 10 | 8,9 | 8,3 | 7,2 | 7,2 | |
| SUROESTE | 100 | -1,7 | -2,2 | -2,2 | -1,1 | 0 | 1,7 | 3,3 | 5,5 | 6,7 | 10,6 | 13,3 | 18,3 | 22,2 | 20,6 | 18,9 | 10 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | -0,5 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | |
| | 300 | -1,1 | -1,7 | -2,2 | -1,7 | -1,1 | 0 | 1,1 | 3,3 | 4,4 | 5,5 | 6,7 | 11,7 | 16,7 | 17,2 | 17,8 | 11,7 | 6,7 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,7 | 0,5 | 0 | -0,5 | |
| | 500 | 2,8 | 2,2 | -2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,8 | 3,3 | 5 | 6,7 | 9,4 | 11,1 | 11,7 | 12,2 | 7,8 | 4,4 | 3,9 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | |
| | 700 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 5 | 5,5 | 7,8 | 10 | 10,6 | 11,1 | 8,9 | 7,2 | 6,1 | 5,5 | 5 | |
| SUR | 100 | -1,7 | -1,7 | -2,2 | -1,7 | -1,1 | 0,5 | 2,2 | 4,4 | 5,5 | 6,7 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | 0 | -0,5 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | |
| | 300 | -1,7 | -1,7 | -2,2 | -1,7 | -1,1 | -0,5 | 0 | 1,7 | 3,3 | 4,4 | 5,5 | 6,1 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 | 1,1 | |
| | 500 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,7 | 1,1 | 1,1 | 0,5 | |
| | 700 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 3,9 | 3,3 | 2,2 | 1,7 | 1,1 | 1,1 | 0,5 |
| ORIENTACIÓN | Peso del Muro *** (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | ORIENTACIÓN | | | | | | | | | | | | |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través de los muros (W) = Área (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)
 * Valido tanto si el muro tiene o no aislamiento
 ** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto
 *** El peso por m² inferiores a 100 kg/m² , tomar los valores correspondientes a 100 kg/m²

TABLA N° 9

DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)

Techo Soleados o en Sombra*
 Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de julio y 40° de latitud Norte**

| CONDICIONES | Peso del Techo (kg/m2) | HORA SOLAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| SOLEADO | 50 | -2,2 | -3,3 | -3,9 | -2,8 | -0,5 | 3,9 | 8,3 | 13,3 | 17,8 | 21,1 | 23,9 | 25,6 | 25 | 22,8 | 19,4 | 15,6 | 12,2 | 8,9 | 5,5 | 3,9 | 1,7 | 0,5 | -0,5 | -1,7 |
| | 100 | 0 | -0,5 | -1,1 | -0,5 | 1,1 | 5 | 8,9 | 12,8 | 16,7 | 20 | 22,8 | 23,9 | 23,9 | 22,2 | 19,4 | 16,7 | 13,9 | 11,1 | 8,3 | 6,7 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 |
| | 200 | 2,2 | 1,7 | -1,1 | 1,7 | 3,3 | 5,5 | 8,9 | 12,8 | 15,6 | 18,3 | 21,1 | 22,2 | 22,8 | 21,7 | 19,4 | 17,8 | 15,6 | 13,3 | 11,1 | 9,4 | 7,2 | 6,1 | 5 | 3,3 |
| | 300 | 5 | 4,4 | 3,3 | 3,9 | 4,4 | 6,1 | 8,9 | 12,2 | 15 | 17,2 | 19,4 | 21,1 | 21,7 | 21,1 | 20 | 18,9 | 17,2 | 15,6 | 13,9 | 12,2 | 10 | 8,9 | 7,2 | 6,1 |
| | 400 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 6,7 | 7,2 | 8,9 | 12,2 | 14,4 | 15,6 | 17,8 | 19,4 | 20,6 | 20,6 | 19,4 | 18,9 | 18,9 | 17,8 | 16,7 | 15 | 12,8 | 11,1 | 10 | 7,8 |
| CUBIERTO CON AGUA | 100 | -2,8 | -1,1 | 0 | 1,1 | 2,2 | 5,5 | 8,9 | 10,6 | 12,2 | 11,1 | 10 | 8,9 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 3,3 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | -0,5 | -1,1 | -1,7 | -2,2 | -2,8 |
| | 200 | -1,7 | -1,1 | -0,5 | -0,5 | 0 | 2,8 | 5,5 | 7,2 | 8,3 | 8,3 | 8,9 | 8,3 | 8,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 0,5 | -0,5 | -1,1 | -1,7 | -1,7 |
| | 300 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | -1,1 | -1,1 | 1,1 | 2,8 | 3,9 | 5,5 | 6,7 | 7,8 | 8,3 | 8,9 | 8,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,7 | 1,1 | -0,5 | 0 |
| ROCIADO | 100 | -2,2 | -1,1 | 0 | 1,1 | 2,2 | 4,4 | 6,7 | 8,3 | 10 | 9,4 | 8,9 | 8,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 3,3 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | -1,7 | -1,7 |
| | 200 | -1,1 | -1,1 | -0,5 | -0,5 | 0 | 1,1 | 2,8 | 5 | 7,2 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 5 | 3,9 | 2,8 | 1,7 | 0,5 | 0 | 0 | -0,5 | -0,5 |
| | 300 | -0,5 | -1,1 | -1,1 | -1,1 | -1,1 | 0 | 1,1 | 2,8 | 4,4 | 5,5 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 |
| EN LA SOMBRA | 100 | -2,8 | -2,8 | -2,2 | -1,1 | 0 | 1,1 | 3,3 | 5 | 6,7 | 7,2 | 7,8 | 7,2 | 6,7 | 5,5 | 4,4 | 2,8 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 | -1,7 | -2,2 | -2,8 | -2,8 |
| | 200 | -2,8 | -2,8 | -2,2 | -1,7 | -1,1 | 0 | 1,1 | 2,8 | 4,4 | 5,5 | 6,7 | 7,2 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0 | -0,5 | -1,7 | -2,2 | -2,8 |
| | 300 | -1,7 | -1,7 | -1,1 | -1,1 | -1,1 | -0,5 | 0 | 1,1 | 2,2 | 3,3 | 4,4 | 5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5 | 4,4 | 3,3 | 2,2 | 1,1 | 0,5 | 0 | -0,5 | -1,1 |
| CONDICIONES | Peso del Muro (kg/m2) | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (kcal/h) = Area (m²) x (diferencia equivalente de temperatura) x (coeficiente de transmisión)
 * Si las bovedas o buhardillas estan ventiladas o si el techo esta aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.
 Para techos inclinados considerar la proyeccion horizontal de la superficie

TABLA N° 10

CAUDALES DE AIRE EXTERIOR

| APLICACIÓN | | NÚMEROS DE FUMADORES | m³/h por persona | | m3/h por metro cuadrado de superficie de suelo Mínima |
|---------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|--------|---|
| | | | Recomendado | Mínima | |
| Departamento | Normal | Pequeño | 34 | 25 | ----- |
| | Lujo | Muy pequeño | 51 | 42 | 6 |
| Hall de banco | | Pequeño | 17 | 13 | ----- |
| Salon de belleza | | Muy pequeño | 17 | 13 | ----- |
| Bolsa | | Muy grande | 85 | 51 | ----- |
| Bar | | Grande | 51 | 42 | ----- |
| Corredores (insuflación o Extracción) | | ---- | --- | --- | 4,6 |
| Grandes almacenes | | Pequeño | 13 | 8,5 | 0,9 |
| Sala de consejo | | Muy grande | 85 | 51 | ----- |
| Farmacia*** | | Grande | 17 | 13 | ----- |
| Fábrica | | Ninguno | 17 | 13 | 1,8 |
| Garage** | | --- | --- | --- | 18,3 |
| Hospital | Quirofano**** | Ninguno | --- | --- | 36,6 |
| | Habitación privada | Ninguno | 51 | 42 | 6 |
| | Sala común | Ninguno | 34 | 25 | ----- |
| Habitación de hotel | | Grande | 51 | 42 | 6 |
| Cocina | Restaurante*** | --- | --- | --- | 73 |
| | Privada | --- | --- | --- | 36,6 |
| Laboratorio*** | | Pequeño | 34 | 25 | ----- |
| Sala de conferencias | Común | Muy grande | 85 | 51 | 22,8 |
| | Pequeño | Pequeño | 25 | 17 | ----- |
| Despacho | Privado | Ninguno | 42 | 25 | 4,6 |
| | Privado | Grande | 51 | 42 | 4,6 |
| Restaurante | Cafetería*** | Grande | 20 | 17 | ----- |
| | Comedor*** | Grande | 25 | 20 | ----- |
| Aula** | | Ninguno | --- | --- | ----- |
| Tienda | | Ninguno | 17 | 13 | ----- |
| Teatro o sala de cine** | | Ninguno | 13 | 8,5 | ----- |
| Teatro o sala de cine** | | Pequeño | 25 | 17 | ----- |
| Cuartos de aseo (extracción)** | | | --- | --- | 36,6 |

* Cuando se utilizan los mínimos, adoptar el mayor

** Respetar los reglamentos eventuales.

*** Puede estar determinado por el caudal extraído.

**** Se recomienda el funcionamiento con aire fresco total.

TABLA N° 10 - A
CAUDAL DE AIRE EXTERIOR
RENOVACIONES HORARIAS DEL VOLUMEN DEL LOCAL

| LOCALES | Renovaciones/hora |
|---|-------------------|
| Fabricas de trabajo sedentarios | 6 |
| Fabricas de trabajo activos | 10 |
| Fundiciones | 10 |
| Molinos | 8 |
| instalaciones de galvanizado | 20 |
| Talleres de imprenta | 6 |
| Cerveceria (camara de fermentación) | 20 |
| Tintorerías | 30 |
| Limpieza y planchado | 12 |
| Refinería de aceite (sala de bombas) | 15 |
| Frigorifico | 12 |
| Panadería | 20 |
| Panadería (si hay horno) | 60 |
| Laboratorios | 8 |
| Laboratorios mecánicos y eléctricos | 6 |
| Laboratorios químicos | 50 |
| Hilanderías | 8 |
| Tejeduría | 6 |
| Manufactura de tabaco | 12 |
| Lavaderos | 15 |
| Lavaderos a vapor | 22 |
| Carpinterías | 6 |
| Fabrica de papel | 20 |
| Fabrica de celulosa | 30 |
| Fabrica de pastas alimenticias | 8 |
| Fabrica de productos quimicos | 10 |
| Talleres de forja | 30 |
| Locales para máquinas | 12 |
| Locales para calderas según potencia instalada | 20 a 60 |
| Locales para transformadores/medidores eléctricos | 12 |
| Locales para medidores de gas | 6 |
| Restaurantes y lugares afines | 12 |
| Oficinas en general | 6 |
| Oficinas privadas | 6 |
| Oficinas privadas (fumando considerablemente) | 6 |
| Baños, sanitarios | 10 |
| Escaleras, corredores, pasillos, paliers | 3 |
| Vestibulos | 3 |
| Dormitorios | 2 a 7 |
| Cocinas | 20 |
| Bibliotecas | 6 |
| Exposiciones | 16 |
| Estudio de radiodifusión | 6 a 8 |
| Casas de baños (uso publico) | 16 |
| Bancos | 12 |
| Estudios cinematograficos | 14 |

GANANCIAS DE CALOR POR OCUPANTES

| GRADO DE ACTIVIDAD | TIPO DE APLICACIÓN | Metabolismo medio W | TEMPERATURA SECA DEL LOCAL | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|--|--|
| | | | 301 k | | 300 K | | 299 K | | 297 K | | 294 K | | | |
| | | | Sensible | Latente | Sensible | Latente | Sensible | Latente | Sensible | Latente | Sensible | Latente | | |
| Sentados, en reposo | Teatro, escuela primaria | 102 | 51 | 57 | 45 | 62 | 40 | 67 | 35 | 76 | 26 | | | |
| Sentados, trabajo muy ligero | Escuela Secundaria | 116 | 52 | 64 | 60 | 63 | 53 | 70 | 46 | 79 | 37 | | | |
| Empleado de oficina | Oficina, hotel, departamento | 131 | 52 | 79 | 58 | 73 | 63 | 68 | 71 | 83 | 48 | | | |
| De pie, marcha lenta | Almacenes, tienda | 131 | 52 | 79 | 58 | 73 | 63 | 68 | 71 | 83 | 48 | | | |
| Sentado, de pie | Farmacia | 147 | 52 | 95 | 58 | 89 | 64 | 83 | 74 | 85 | 62 | | | |
| De pie, marcha lenta | Banco | 147 | 52 | 95 | 58 | 89 | 64 | 83 | 74 | 85 | 62 | | | |
| Sentado | Restaurante | 162 | 56 | 106 | 64 | 98 | 71 | 91 | 83 | 79 | 68 | | | |
| Sentado ligero en el banco del taller | Fabrica de trabajo ligero | 220 | 56 | 164 | 64 | 156 | 72 | 148 | 86 | 134 | 113 | | | |
| Baile o danza | Sala de baile | 249 | 64 | 185 | 72 | 177 | 80 | 169 | 95 | 154 | 132 | | | |
| Marcha 5 km/h | Fabrica de trabajo pesado | 293 | 79 | 214 | 88 | 205 | 97 | 196 | 112 | 181 | 158 | | | |
| Trabajo pesado | Pista de bowling, Fábrica | 424 | 131 | 293 | 136 | 288 | 142 | 282 | 154 | 270 | 248 | | | |

TABLA N° 12

GANANCIAS DEBIDA A LOS MOTORES ELECTRICOS (Funcionamiento continuo)

| POTENCIA NOMINAL HP | POTENCIA NOMINAL kw | Rendimiento a plena carga % n | Posición del aparato con respecto al local acondicionado o a la corriente de aire | | | | | |
|---------------------|---------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | Motor en el interior | | Motor en el exterior | | Motor en el interior | |
| | | | Aparato impulsado en el interior | Aparato impulsado en el exterior | Aparato impulsado en el interior | Aparato impulsado en el exterior | Aparato impulsado en el interior | Aparato impulsado en el exterior |
| | | | HP,632/n Kcal/h | KW,632/n w | HP,632/n Kcal/h | KW,632/n w | HP,632,4(1-n)/n Kcal/h | KW,632,4(1-n)/n w |
| 0,05 | 0,068 | 40 | 80 | 107 | 32 | 43 | 48 | 64 |
| 0,125 | 0,168 | 55 | 144 | 193 | 79 | 106 | 65 | 87 |
| 0,25 | 0,337 | 64 | 247 | 332 | 158 | 213 | 89 | 120 |
| 0,333 | 0,448 | 66 | 319 | 429 | 210 | 283 | 108 | 146 |
| 0,5 | 0,673 | 70 | 451 | 608 | 316 | 426 | 135 | 182 |
| 0,75 | 1,01 | 72 | 658 | 887 | 474 | 638 | 184 | 248 |
| 1 | 1,3 | 79 | 800 | 1077 | 632 | 851 | 168 | 226 |
| 1,5 | 2,0 | 80 | 1185 | 1596 | 948 | 1277 | 237 | 319 |
| 2 | 2,7 | 80 | 1580 | 2128 | 1264 | 1702 | 316 | 426 |
| 3 | 4,0 | 81 | 2341 | 3152 | 1896 | 2553 | 445 | 599 |
| 5 | 6,7 | 82 | 3854 | 5190 | 3160 | 4255 | 694 | 934 |
| 7,5 | 10,1 | 85 | 5576 | 7510 | 4740 | 6383 | 836 | 1126 |
| 10 | 13,5 | 85 | 7435 | 10013 | 6320 | 8511 | 1115 | 1502 |
| 15 | 20,2 | 86 | 11023 | 14845 | 9480 | 12766 | 1543 | 2078 |
| 20 | 26,9 | 87 | 14529 | 19565 | 12640 | 17022 | 1889 | 2543 |
| 30 | 40,4 | 89 | 21303 | 28689 | 18960 | 25533 | 2343 | 3156 |
| 40 | 53,9 | 89 | 28404 | 38251 | 25280 | 34044 | 3124 | 4208 |
| 50 | 67,3 | 89 | 35506 | 47814 | 31600 | 42555 | 3906 | 5260 |
| 60 | 80,8 | 89 | 42607 | 57377 | 37920 | 51066 | 4687 | 6311 |
| 75 | 101 | 90 | 52667 | 70924 | 47400 | 63832 | 5267 | 7092 |
| 100 | 135 | 90 | 70222 | 94566 | 63200 | 85109 | 7022 | 9457 |
| 125 | 168 | 90 | 87778 | 118207 | 79000 | 106387 | 8778 | 11821 |
| 150 | 202 | 91 | 104176 | 140290 | 94800 | 127664 | 9376 | 12626 |
| 200 | 269 | 91 | 138901 | 187053 | 126400 | 170219 | 12501 | 16835 |
| 250 | 337 | 91 | 173626 | 233817 | 158000 | 212773 | 15626 | 21044 |

Si los motores estan sobrecargados y la sobrecarga es desconocida, multiplique por los siguientes valores

FACTORES DE SERVICIO MÁXIMO

| HP | 1/20 a 1/8 | 1/6 a 1/3 | 1/2 a 3/4 | más de 1 |
|-----------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| KW | 0,05 a 0,125 | 0,16 a 0,33 | 0,5 a 0,75 | más de 1,34 |
| AC Tipo abierto | 1,4 | 1,35 | 1,25 | 1,15 |
| DC Tipo cerrado | -- | 1 | 1 | 1 |

Si la carga del motor es desconocida sacar la potencia de entrada del motor

| Clase de corriente | Potencia absorbida | KW |
|--------------------|--|----------|
| Continua | IxUxcos@/1000 1,73IxUxcos@/1000 2IxUxcos@/1000 | IxU/1000 |
| Monofasica | | |
| Trifásica | | |
| Bifásica (4hilos) | | |

I = amperios, U = voltios, cos@ = factor de potencia

TABLA N° 13

GANANCIAS DEBIDA A LOS APARATOS DE RESTAURANTES (Sin campana de extracción)

| APARATO | DATOS DIVERSOS | Potencia Nominal W | GANANCIAS A ADMITIR PARA USO MEDIO | | | | | |
|---|----------------|---|------------------------------------|----------------------|------------------|-----------------|---------------|--|
| | | | Calor sensible kcal/h | Calor latente kcal/h | Calor sensible W | Calor latente W | Calor total W | |
| ELECTRICOS | | | | | | | | |
| Percolador 2 litros | manual | 650 | 227 | 55 | 263 | 64 | 327 | |
| Calentador de agua 2 litros | manual | 89 | 58 | 24 | 67 | 28 | 95 | |
| Percolador completo | automatico | 4901 | 1200 | 300 | 1392 | 348 | 1740 | |
| Cafetera | manual | 3480 | 650 | 425 | 754 | 493 | 1247 | |
| Cafetera | automatico | 4472 | 550 | 375 | 638 | 435 | 1073 | |
| Cafetera | automatico | 4965 | 850 | 575 | 986 | 667 | 1653 | |
| Máquina donut | automatico | 558,558,1450 mm | 4640 | 1250 | 0 | 1450 | 0 1450 | |
| Coccedora para huevos | manual | 1085 | 300 | 200 | 348 | 232 | 580 | |
| Mesa caliente, con calienta platos, por m²de superficie | automatico | aislado, calentador separado para cada plato | 4176 | 950 | 950 | 1102 | 1102 2204 | |
| Mesa caliente, sin calienta platos, por m²de superficie | | | 3190 | 540 | 960 | 626 | 1114 1740 | |
| Freidora de 5 litros de aceite | automatico | | 2575 | 400 | 600 | 464 | 696 1160 | |
| Freidora de 10 litros de aceite | automatico | Superficie 300,360 mm | 6954 | 950 | 1425 | 1102 | 1653 2755 | |
| Placa calentadora | automatico | Superficie 450,360 mm | 2320 | 775 | 425 | 899 | 493 1392 | |
| Parrilla para carne | automatico | Superficie 300,250 mm | 2958 | 975 | 525 | 1131 | 609 1740 | |
| Parrilla para sandwich | automatico | Superficie 300,300 mm | 1624 | 675 | 175 | 783 | 203 986 | |
| Calentador de pan | automatico | 1 cajon | 435 | 275 | 25 | 319 | 29 348 | |
| Tostador (continuo) | automatico | 2 cortes, 360 cortes/hora | 2175 | 1275 | 325 | 1479 | 377 1856 | |
| Tostador (continuo) | automatico | 4 cortes, 720 cortes/hora | 2981 | 1525 | 650 | 1769 | 754 2523 | |
| Tostador (automatico) | automatico | 2 cortes | 1189 | 617 | 113 | 716 | 131 847 | |
| Molde de tortas | automatico | 1 torta de 180 mm | 719 | 275 | 185 | 319 | 215 534 | |
| Molde de tortas | automatico | 12 tortas de 64,95 mm | 2192 | 775 | 525 | 899 | 609 1508 | |
| A GAS | | | | | | | | |
| Percolador 2 litros, Calentador de agua 2 litros | manual | Combinación sin percolador y calentador de agua | 993 | 340 | 90 | 394 | 104 498 | |
| Percolador 2 litros, Calentador de agua 2 litros | manual | | 146 | 100 | 25 | 116 | 29 145 | |
| Percolador completo | | 4 percoladores con reserva de 17 litros | | 1815 | 455 | 2105 | 528 2633 | |
| Cafetera | automatico | 11 litros | 935 | 730 | 730 | 847 | 847 1694 | |
| Cafetera | automatico | 11 litros | 935 | 630 | 630 | 731 | 731 1462 | |
| Cafetera | automatico | 19 litros | 935 | 980 | 980 | 1137 | 1137 2274 | |
| Calienta platos por m² de superficie | manual | Tipo baño maria | 6299 | 2310 | 1220 | 2680 | 1415 4095 | |
| Freidora de 6,8 kg de grasa | automatico | Superficie 250,250 mm | 4164 | 1060 | 705 | 1230 | 818 2048 | |
| Freidora de 12,7 kg de grasa | automatico | Superficie 275,400 mm | 7018 | 1815 | 1210 | 2105 | 1404 3509 | |
| Parrilla quemador superior | manual | Aislado 6380 w | 10811 | 3625 | 915 | 4205 | 1061 5266 | |
| Parrilla quemador inferior | manual | Aislado 4350 w | 10811 | 3625 | 915 | 4205 | 1061 5266 | |
| Horno parte superior abierta | manual | Queimador 3480 - 6380 W | 4408 | 1140 | 1140 | 1322 | 1322 2644 | |
| Horno parte inferior cerrada | manual | Queimador 2900 - 6380 W | 3457 | 895 | 895 | 1038 | 1038 2076 | |
| Tostador (continuo) | automatico | 2 cortes, 360 cortes/hora | 3480 | 1940 | 830 | 2250 | 963 3213 | |
| A VAPOR | | | | | | | | |
| Cafetera | automatico | 11 litros | | 730 | 480 | 847 | 557 1404 | |
| Cafetera | automatico | 11 litros | | 600 | 400 | 696 | 464 1160 | |
| Cafetera | automatico | 19 litros | | 855 | 580 | 992 | 673 1665 | |
| Cafetera | manual | 11 litros | | 780 | 780 | 905 | 905 1810 | |
| Cafetera | manual | 11 litros | | 655 | 655 | 760 | 760 1520 | |
| Cafetera | manual | 19 litros | | 930 | 930 | 1079 | 1079 2158 | |
| Mesa caliente, por m²de superficie | automatico | | | 100 | 125 | 116 | 145 261 | |
| Calienta platos por m² de superficie | manual | | | 110 | 280 | 128 | 325 453 | |

En el caso en que exista una campana bien proyectada, con extracción mecánica, multiplicar los valores por 0,5.

TABLA N° 13

GANANCIAS DEBIDA A DIVERSOS APARATOS

| APARATO | | DATOS DIVERSOS | Potencia Nominal W | GANANCIAS A ADMITIR PARA USO MEDIO | | | | |
|---------------------------------------|------------|--|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|
| | | | | Calor sensible kcal/h | Calor latente kcal/h | Calor sensible W | Calor latente W | Calor total W |
| ELECTRICOS | | | | | | | | |
| Secapelo con ventilador 15 a 115 v | manual | Ventilador 165 w | 1574 | 582 | 100 | 675 | 116 | 791 |
| Casco secapelo 6,5 a 115 v | manual | Ventilador 80 w | 698 | 472 | 85 | 547 | 99 | 646 |
| Calentadores de permanente | manual | 60 calentadores de 25 w, 36 en marcha | 1489 | 210 | 40 | 244 | 46 | 290 |
| Lavador y esterilizador a presión | | 280,280,560 mm | | 321 | 5920 | 372 | 6867 | 7239 |
| Letrero de néon, de 30 cm de longitud | | Diametro 12 mm | | 8 | 0 | 9 | 0 | 9 |
| Letrero de néon, de 30 cm de longitud | | Diametro 10 mm | | 15 | 0 | 17 | 0 | 17 |
| Calentador de tohallas | | 460,760,1830 mm | | 301 | 750 | 349 | 870 | 1219 |
| Calentador de tohallas | | 460,620,1830 mm | | 266 | 605 | 308 | 702 | 1010 |
| Esterilizador de ropa | | 280,280,560 mm | | 2426 | 2190 | 2814 | 2540 | 5354 |
| Esterilizador de ropa | | 280,280,560 mm | | 5885 | 6050 | 6827 | 7018 | 13845 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 620,620,914 mm | | 8793 | 5290 | 10200 | 6136 | 16336 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 620,620,1220 mm | | 10528 | 6800 | 12212 | 7888 | 20100 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 620,914,1220 mm | | 14207 | 9070 | 16480 | 10521 | 27001 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 620,914,1524 mm | | 17315 | 11330 | 20085 | 13143 | 33228 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 914,1067,2144 mm | | 40805 | 24580 | 47334 | 28513 | 75847 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 1067,1219,2438 mm | | 46470 | 35280 | 53905 | 40925 | 94830 |
| Esterilizador paralelepípedo | automatico | 1219,1382,1438 mm | | 53087 | 45400 | 61581 | 52664 | 114245 |
| Esterilizador de agua | automatico | 40 litros | | 1033 | 4160 | 1198 | 4826 | 6024 |
| Esterilizador de agua | automatico | 60 litros | | 1544 | 6200 | 1791 | 7192 | 8983 |
| Esterilizador, instrumentos | automatico | 152,205,432 mm | | 682 | 600 | 791 | 696 | 1487 |
| Esterilizador, instrumentos | automatico | 228,254,508 mm | | 1284 | 990 | 1489 | 1148 | 2637 |
| Esterilizador, instrumentos | automatico | 254,305,560 mm | | 2046 | 1490 | 2373 | 1728 | 4101 |
| Esterilizador, instrumentos | automatico | 254,305,914 mm | | 2577 | 2370 | 2989 | 2749 | 5738 |
| Esterilizador, instrumentos | automatico | 305,406,620 mm | | 2306 | 2150 | 2675 | 2494 | 5169 |
| Esterilizador, utensillos | automatico | 406,406,620 mm | | 2677 | 5140 | 3105 | 5962 | 9067 |
| Esterilizador, utensillos | automatico | 508,508,620 mm | | 3108 | 6450 | 3605 | 7482 | 11087 |
| Esterilizador, aire caliente | automatico | modelo 120 americano | | 502 | 1060 | 582 | 1230 | 1812 |
| Esterilizador, aire caliente | automatico | modelo 100 americano | | 301 | 530 | 349 | 615 | 964 |
| Alambique, agua | automatico | 20 litros/hora | | 431 | 680 | 500 | 789 | 1289 |
| Aparato de radiografía | automatico | para medicos y dentistas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A GAS | | | | | | | | |
| Pequeño mechero bunsen | manual | Quemador 11 mm diametro | 522 | 241 | 60 | 279 | 70 | 349 |
| Pequeño mechero bunsen | manual | Quemador 11 mm diametro | 870 | 421 | 110 | 488 | 128 | 616 |
| Pequeño de llama plana | manual | Quemador 11 mm diametro | 1021 | 502 | 120 | 582 | 139 | 721 |
| Pequeño de llama plana | manual | Quemador 11 mm diametro | 1601 | 782 | 190 | 907 | 220 | 1127 |
| Mechero bunsen grande | manual | Quemador 36 mm diametro | 1752 | 842 | 230 | 977 | 267 | 1244 |
| Encendedor de cigarrillos | manual | Funcionamiento continuo | 731 | 230 | 25 | 267 | 29 | 296 |
| Secapelos central | automatico | 5 cascos , un calentador y unventilador de uimpulsión de aire | 9651 | 3790 | 1010 | 4396 | 1172 | 5568 |
| Secapelos central | automatico | 10 cascos , un calentador y unventilador de uimpulsión de aire | 9651 | 5303 | 1510 | 6152 | 1752 | 7904 |

En el caso en que exista una campana bien proyectada, con extracción mecánica, multiplicar los valores por 0,5.

TABLA Nº 14

GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A LOS VENTILADORES

Instalaciones con baterías de enfriamiento situadas antes del ventilador¹
Porcentajes del calor sensible ambiente

| Condiciones | Presión total del ventilador (en mm de columna de agua) ⁴ | Porcentaje del calor sensible ambiente | | | | | | | | | |
|--|---|--|--------|-------|-------|-------|---|--------|-------|-------|-------|
| | | Acondicionadores centrales ² | | | | | Acondicionadores autónomos ³ | | | | |
| | | Diferencia de temperatura entre el aire del local y el aire de impulsión | | | | | Diferencia de temperatura entre el aire ambiente y el aire de impulsión | | | | |
| | | 5,5 °K | 8,5 °K | 11 °K | 14 °K | 17 °K | 5,5 °K | 8,5 °K | 11 °K | 14 °K | 17 °K |
| Motor del ventilador situado fuera del ambiente acondicionado o del flujo de aire | 13 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 2,2 | 1,5 | 1,1 | 0,9 | 0,7 |
| | 19 | 1,9 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 3,5 | 2,4 | 1,8 | 1,4 | 1,2 |
| | 25 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 4,8 | 3,2 | 2,4 | 1,9 | 1,6 |
| | 32 | 3,9 | 2,6 | 1,9 | 1,6 | 1,3 | 6,5 | 4,3 | 3,2 | 2,6 | 2,2 |
| | 38 | 4,6 | 3,1 | 2,3 | 1,9 | 1,6 | 7,8 | 5,2 | 3,9 | 3,1 | 2,6 |
| | 45 | 5,4 | 3,6 | 2,7 | 2,2 | 1,8 | 9,1 | 6,1 | 4,6 | 3,6 | 3,0 |
| | 50 | 6,2 | 4,1 | 3,1 | 2,5 | 2,1 | 10,4 | 6,9 | 5,2 | 4,2 | 3,5 |
| | 76 | 10,4 | 6,9 | 5,2 | 4,2 | 3,5 | 16,7 | 11,2 | 8,4 | 6,7 | 5,6 |
| | 100 | 15,3 | 10,2 | 7,7 | 6,1 | 5,1 | | | | | |
| | 127 | 19,2 | 12,8 | 9,6 | 7,7 | 6,4 | | | | | |
| Motor del ventilador situado en el ambiente acondicionado o en el flujo de aire | 153 | 24,4 | 16,3 | 12,2 | 9,9 | 8,2 | | | | | |
| | 200 | 38,0 | 25,4 | 19,0 | 15,2 | 12,7 | | | | | |
| | 13 | 1,6 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,9 |
| | 19 | 2,6 | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 4,2 | 2,8 | 2,1 | 1,7 | 1,4 |
| | 25 | 3,6 | 2,4 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 5,8 | 3,8 | 2,9 | 2,3 | 1,9 |
| | 32 | 5,0 | 3,4 | 2,5 | 2,0 | 1,7 | 7,6 | 5,1 | 3,8 | 3,1 | 2,6 |
| | 38 | 6,0 | 4,0 | 3,0 | 2,4 | 2,0 | 9,2 | 6,1 | 4,6 | 3,7 | 3,1 |
| | 45 | 7,0 | 4,7 | 3,5 | 2,8 | 2,4 | 10,7 | 7,2 | 5,4 | 4,3 | 3,6 |
| | 50 | 8,0 | 5,4 | 4,0 | 3,2 | 2,7 | 12,2 | 8,2 | 6,1 | 4,9 | 4,1 |
| | 76 | 13,2 | 8,8 | 6,6 | 5,3 | 4,4 | 19,5 | 13,1 | 9,8 | 7,8 | 6,5 |
| 1960 CARRIER CORPORATION. Reproducción autorizada de la CARRIER CORPORATION, Syracuse, USA | 100 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 7,6 | 6,4 | | | | | |
| | 127 | 23,8 | 15,9 | 11,9 | 9,5 | 8,0 | | | | | |
| | 153 | 30,0 | 20,0 | 15,0 | 12,0 | 10,0 | | | | | |
| | 200 | 45,5 | 30,3 | 22,8 | 18,2 | 15,2 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

1 En las instalaciones en las que la batería de enfriamiento se encuentre antes del ventilador (es decir, en la aspiración), este calor es transmitido al aire de impulsión y debe, por lo tanto, añadirse al calor sensible ambiente. En las instalaciones en las que la batería de enfriamiento se encuentre detrás del ventilador, este calor debe añadirse al calor total general. Es decir, multiplicar el calor sensible ambiente por el porcentaje indicado y añadirse al calor total general.

2 Rendimiento del ventilador 70%

3 Rendimiento del motor 80%

4 La presión total del ventilador es igual a la suma de las presiones estática y dinámica en la boca de impulsión del mismo.

TABLA Nº 15

VALORES USUALES DE LO FACTORES DE BY PASS
de las baterías con aletas

| Profundidad de la batería (filas) | Sin pulverización aletas por pulgadas | | Con pulverización* aletas por pulgadas | |
|---|--|-------------|---|-------------|
| | 8 | 14 | 8 | 14 |
| | Velocidad (m/seg) | | | |
| | 1,5 - 3,5 | 1,5 - 3,5 | 1,5 - 3,5 | 1,5 - 3,5 |
| 2 | 0,42 - 0,55 | 0,22 - 0,38 | | |
| 3 | 0,27 - 0,40 | 0,10 - 0,23 | | |
| 4 | 0,19 - 0,30 | 0,05 - 0,14 | 0,12 - 0,22 | 0,03 - 0,10 |
| 5 | 0,12 - 0,23 | 0,02 - 0,09 | 0,08 - 0,14 | 0,01 - 0,08 |
| 6 | 0,08 - 0,18 | 0,01 - 0,06 | 0,06 - 0,11 | 0,01 - 0,05 |
| 8 | 0,03 - 0,08 | | 0,02 - 0,05 | |

* La pulverización en la batería provoca una disminución del factor de By Pass (FB) consecuencia de ser mayor la superficie de contacto con el aire.

VALORES USUALES DE LO FACTORES DE BY PASS
Para diferentes aplicaciones

| Factor de By Pass | Tipo de aplicación | Ejemplo |
|-------------------|--|---|
| 0,30 a 0,50 | Balance térmico pequeño o medio con pequeño FCS (ganancias latentes grandes) | Departamentos |
| 0,20 a 0,30 | Acondicionamiento de confort clásico, balance térmico relativamente pequeño, o algo mayor pero pequeño FCS | Tiendas pequeñas Fabricas |
| 0,10 a 0,20 | Acondicionamiento de confort clásico | Tiendas grandes Bancos, Fabricas |
| 0,05 a 0,10 | Ganancias sensibles grandes o caudal de aire exterior grande | Tiendas grandes Restaurantes, Fabricas |
| 0,00 a 0,10 | Funcionamiento con aire exterior total | Hospital, quirofanos Fabricas |

TABLA N° 16

| | Longitud lado a: [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | Longitud lado b: [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|-----------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|-----|--|--|--|-----|--|
| | 150 | | | | 200 | | | | 250 | | | | 300 | | | | 350 | | | | 400 | | | | 450 | | | | 500 | | | | 550 | |
| | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | | | | | | |
| | 250 | 0,036 | 213 | 0,049 | 249 | 0,065 | 287 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | 0,042 | 231 | 0,058 | 272 | 0,072 | 302 | 0,087 | 333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 350 | 0,049 | 249 | 0,067 | 292 | 0,084 | 328 | 0,102 | 361 | 0,119 | 389 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 400 | 0,055 | 264 | 0,075 | 308 | 0,095 | 348 | 0,116 | 384 | 0,135 | 414 | 0,156 | 445 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 450 | 0,062 | 280 | 0,084 | 328 | 0,106 | 368 | 0,130 | 407 | 0,151 | 439 | 0,173 | 470 | 0,197 | 501 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 500 | 0,067 | 292 | 0,092 | 343 | 0,116 | 384 | 0,143 | 427 | 0,166 | 460 | 0,193 | 496 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 550 | 0,073 | 305 | 0,101 | 358 | 0,128 | 404 | 0,157 | 447 | 0,185 | 485 | 0,211 | 518 | 0,238 | 551 | 0,266 | 582 | 0,302 | 620 | 0,337 | 655 | 0,373 | 689 | | | | | | | | | | | |
| | 600 | 0,078 | 315 | 0,108 | 371 | 0,140 | 422 | 0,170 | 465 | 0,199 | 503 | 0,230 | 541 | 0,259 | 574 | 0,289 | 597 | 0,321 | 639 | 0,361 | 678 | 0,406 | 719 | 0,449 | 756 | | | | | | | | | |
| | 650 | 0,083 | 326 | 0,116 | 384 | 0,149 | 435 | 0,183 | 483 | 0,216 | 524 | 0,247 | 561 | 0,280 | 597 | 0,321 | 639 | 0,361 | 678 | 0,406 | 719 | 0,449 | 756 | 0,487 | 664 | | | | | | | | | |
| | 700 | 0,088 | 335 | 0,123 | 396 | 0,159 | 450 | 0,195 | 498 | 0,230 | 541 | 0,245 | 559 | 0,285 | 602 | 0,322 | 640 | 0,360 | 677 | 0,397 | 711 | | | | | | | | | | | | | |
| | 750 | 0,094 | 346 | 0,131 | 409 | 0,170 | 465 | 0,207 | 514 | 0,245 | 559 | 0,285 | 602 | 0,322 | 640 | 0,360 | 677 | 0,397 | 711 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 800 | 0,101 | 358 | 0,138 | 419 | 0,179 | 478 | 0,220 | 529 | 0,261 | 576 | 0,302 | 620 | 0,343 | 661 | 0,383 | 698 | 0,423 | 734 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 850 | 0,105 | 366 | 0,147 | 432 | 0,189 | 490 | 0,232 | 544 | 0,275 | 592 | 0,319 | 637 | 0,361 | 678 | 0,406 | 719 | 0,449 | 756 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 900 | 0,110 | 374 | 0,153 | 442 | 0,200 | 504 | 0,243 | 556 | 0,289 | 607 | 0,338 | 656 | 0,380 | 696 | 0,425 | 736 | 0,472 | 775 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 950 | 0,114 | 381 | 0,160 | 452 | 0,209 | 516 | 0,257 | 572 | 0,304 | 622 | 0,354 | 671 | 0,400 | 714 | 0,450 | 757 | 0,500 | 798 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1000 | 0,119 | 389 | 0,168 | 463 | 0,217 | 526 | 0,269 | 585 | 0,319 | 637 | 0,370 | 686 | 0,421 | 732 | 0,472 | 775 | 0,523 | 816 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1050 | 0,123 | 396 | 0,173 | 470 | 0,226 | 536 | 0,278 | 595 | 0,332 | 650 | 0,386 | 701 | 0,438 | 747 | 0,494 | 793 | 0,546 | 834 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1100 | 0,128 | 404 | 0,181 | 480 | 0,234 | 546 | 0,289 | 607 | 0,344 | 662 | 0,403 | 716 | 0,456 | 762 | 0,515 | 810 | 0,570 | 859 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1150 | 0,133 | 412 | 0,187 | 488 | 0,243 | 556 | 0,300 | 618 | 0,361 | 678 | 0,417 | 729 | 0,474 | 777 | 0,535 | 825 | 0,593 | 862 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1200 | 0,138 | 419 | 0,195 | 498 | 0,252 | 567 | 0,312 | 630 | 0,375 | 691 | 0,432 | 742 | 0,494 | 793 | 0,555 | 841 | 0,618 | 887 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1250 | | | 0,201 | 506 | 0,261 | 577 | 0,323 | 641 | 0,386 | 701 | 0,450 | 757 | 0,513 | 808 | 0,575 | 856 | 0,640 | 903 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | | | 0,207 | 514 | 0,271 | 587 | 0,333 | 651 | 0,400 | 714 | 0,466 | 770 | 0,533 | 824 | 0,596 | 871 | 0,658 | 915 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1350 | | | 0,213 | 521 | 0,278 | 595 | 0,346 | 664 | 0,412 | 724 | 0,480 | 782 | 0,549 | 836 | 0,631 | 896 | 0,687 | 935 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1400 | | | 0,221 | 531 | 0,287 | 605 | 0,357 | 674 | 0,423 | 734 | 0,494 | 793 | 0,566 | 849 | 0,639 | 902 | 0,710 | 951 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1450 | | | 0,226 | 536 | 0,297 | 615 | 0,367 | 684 | 0,435 | 744 | 0,510 | 806 | 0,584 | 862 | 0,658 | 915 | 0,731 | 965 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1500 | | | 0,232 | 544 | 0,304 | 622 | 0,378 | 694 | 0,449 | 756 | 0,527 | 819 | 0,603 | 876 | 0,675 | 927 | 0,759 | 983 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1600 | | | 0,245 | 559 | 0,322 | 640 | 0,395 | 709 | 0,475 | 778 | 0,555 | 841 | 0,639 | 902 | 0,718 | 956 | 0,798 | 1008 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1700 | | | | | 0,338 | 656 | 0,417 | 729 | 0,500 | 798 | 0,584 | 862 | 0,669 | 923 | 0,756 | 981 | 0,840 | 1034 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1800 | | | | | 0,357 | 674 | 0,437 | 746 | 0,528 | 820 | 0,615 | 885 | 0,703 | 946 | 0,792 | 1004 | 0,887 | 1063 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1900 | | | | | 0,380 | 696 | 0,456 | 762 | 0,546 | 834 | 0,636 | 900 | 0,741 | 991 | 0,832 | 1029 | 0,930 | 1088 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2000 | | | | | 0,386 | 701 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2100 | | | | | | | 0,503 | 800 | 0,603 | 876 | 0,703 | 946 | 0,798 | 1008 | 0,908 | 1075 | 1,008 | 1133 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2200 | | | | | | | 0,519 | 813 | 0,618 | 887 | 0,733 | 966 | 0,833 | 1030 | 0,942 | 1095 | 1,042 | 1152 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2300 | | | | | | | 0,538 | 828 | 0,643 | 905 | 0,757 | 982 | 0,874 | 1055 | 0,973 | 1113 | 1,088 | 1177 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2400 | | | | | | | 0,553 | 839 | 0,665 | 920 | 0,779 | 996 | 0,899 | 1070 | 1,003 | 1130 | 1,200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2500 | | | | | | | | | 0,690 | 937 | 0,817 | 1020 | 0,916 | 1080 | 1,155 | 1,208 | 1210 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2600 | | | | | | | | | 0,710 | 951 | 0,833 | 1030 | 0,959 | 1105 | 1,079 | 1172 | 1,208 | 1240 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2700 | | | | | | | | | 0,733 | 966 | 0,858 | 1045 | 0,983 | 1119 | 1,120 | 1194 | 1,249 | 1261 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2800 | | | | | | | | | 0,756 | 981 | 0,887 | 1063 | 1,012 | 1135 | 1,140 | 1205 | 1,283 | 1278 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2900 | | | | | | | | | | | 0,913 | 1078 | 1,053 | 1158 | 1,173 | 1222 | 1,333 | 1303 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3000 | | | | | | | | | | | 0,933 | 1090 | 1,071 | 1168 | 1,223 | 1248 | 1,344 | 1308 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3100 | | | | | | | | | | | 0,959 | 1105 | 1,103 | 1185 | 1,247 | 1260 | 1,391 | 1331 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3200 | | | | | | | | | | | | | 0,985 | 1120 | 1,125 | 1197 | 1,285 | 1279 | 1,438 | 1353 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3300 | | | | | | | | | | | | | | | 1,161 | 1216 | 1,311 | 1292 | 1,470 | 1368 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3500 | | | | | | | | | | | | | | | 1,190 | 1231 | 1,348 | 1310 | 1,496 | 1380 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3600 | | | | | | | | | | | | | | | 1,210 | 1241 | 1,371 | 1321 | 1,533 | 1397 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1,231 | 1252 | 1,419 | 1344 | 1,570 | 1414 | | | | | | | | | | | | | |

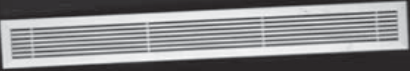
[illegible]

TABLA N° 16 DIMENSIONES DE CONDUCTOS, ÁREA DE LA SECCIÓN, DIÁMETRO EQUIVALENTE

| Longitud lado a: [mm] | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| Longitud lado b: [mm] | | | | | | | | | | |
| | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | |
| | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm | Sección m2 | Ø mm |
| 250 | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | |
| 350 | | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | |
| 450 | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | |
| 550 | | | | | | | | | | |
| 600 | 0.348 | 666 | | | | | | | | |
| 650 | 0.376 | 692 | 0.409 | 722 | | | | | | |
| 700 | 0.403 | 716 | 0.441 | 749 | 0.474 | 777 | | | | |
| 750 | 0.436 | 745 | 0.472 | 775 | 0.506 | 803 | 0.546 | 834 | | |
| 800 | 0.460 | 765 | 0.500 | 798 | 0.540 | 829 | 0.580 | 859 | | |
| 850 | 0.488 | 788 | 0.532 | 823 | 0.573 | 854 | 0.614 | 884 | 0.656 | 914 |
| 900 | 0.519 | 813 | 0.552 | 838 | 0.601 | 875 | 0.649 | 909 | 0.694 | 940 |
| 950 | 0.546 | 834 | 0.593 | 869 | 0.640 | 903 | 0.685 | 934 | 0.733 | 966 |
| 1000 | 0.571 | 853 | 0.626 | 893 | 0.672 | 925 | 0.716 | 955 | 0.773 | 992 |
| 1050 | 0.600 | 874 | 0.656 | 914 | 0.706 | 948 | 0.756 | 981 | 0.809 | 1015 |
| 1100 | 0.628 | 894 | 0.685 | 934 | 0.737 | 969 | 0.792 | 1004 | 0.846 | 1038 |
| 1150 | 0.656 | 914 | 0.710 | 951 | 0.770 | 990 | 0.825 | 1025 | 0.877 | 1057 |
| 1200 | 0.679 | 930 | 0.741 | 971 | 0.800 | 1009 | 0.859 | 1046 | 0.919 | 1082 |
| 1250 | 0.707 | 949 | 0.770 | 990 | 0.830 | 1028 | 0.896 | 1068 | 0.959 | 1105 |
| 1300 | 0.733 | 966 | 0.795 | 1006 | 0.859 | 1046 | 0.931 | 1089 | 0.996 | 1126 |
| 1350 | 0.760 | 984 | 0.825 | 1025 | 0.892 | 1066 | 0.964 | 1108 | 1.026 | 1143 |
| 1400 | 0.784 | 999 | 0.853 | 1042 | 0.923 | 1084 | 0.996 | 1126 | 1.062 | 1163 |
| 1450 | 0.803 | 1011 | 0.881 | 1059 | 0.954 | 1102 | 1.026 | 1143 | 1.101 | 1184 |
| 1500 | 0.828 | 1027 | 0.906 | 1074 | 0.982 | 1118 | 1.066 | 1165 | 1.135 | 1202 |
| 1600 | 0.877 | 1057 | 0.959 | 1105 | 1.046 | 1154 | 1.129 | 1199 | 1.204 | 1238 |
| 1700 | 0.930 | 1088 | 1.012 | 1135 | 1.103 | 1185 | 1.186 | 1229 | 1.277 | 1275 |
| 1800 | 0.976 | 1115 | 1.066 | 1165 | 1.159 | 1215 | 1.251 | 1262 | 1.344 | 1308 |
| 1900 | 1.022 | 1141 | 1.120 | 1194 | 1.217 | 1245 | 1.311 | 1292 | 1.410 | 1340 |
| 2000 | 1.071 | 1168 | 1.167 | 1219 | 1.271 | 1272 | 1.371 | 1321 | 1.470 | 1368 |
| 2100 | 1.116 | 1192 | 1.223 | 1248 | 1.325 | 1299 | 1.431 | 1350 | 1.533 | 1397 |
| 2200 | 1.163 | 1217 | 1.271 | 1272 | 1.379 | 1325 | 1.496 | 1380 | 1.604 | 1429 |
| 2300 | 1.202 | 1237 | 1.325 | 1299 | 1.442 | 1355 | 1.550 | 1405 | 1.667 | 1457 |
| 2400 | 1.243 | 1258 | 1.379 | 1325 | 1.476 | 1371 | 1.597 | 1426 | 1.734 | 1486 |
| 2500 | 1.297 | 1285 | 1.419 | 1344 | 1.544 | 1402 | 1.663 | 1455 | 1.786 | 1508 |
| 2600 | 1.358 | 1315 | 1.470 | 1368 | 1.588 | 1422 | 1.732 | 1485 | 1.858 | 1538 |
| 2700 | 1.379 | 1325 | 1.513 | 1388 | 1.635 | 1443 | 1.786 | 1508 | 1.909 | 1559 |
| 2800 | 1.427 | 1348 | 1.561 | 1410 | 1.704 | 1473 | 1.834 | 1528 | 1.966 | 1582 |
| 2900 | 1.474 | 1370 | 1.611 | 1432 | 1.755 | 1495 | 1.892 | 1552 | 2.048 | 1615 |
| 3000 | 1.511 | 1387 | 1.654 | 1451 | 1.803 | 1515 | 1.948 | 1575 | 2.110 | 1639 |
| 3100 | 1.544 | 1402 | 1.709 | 1475 | 1.843 | 1532 | 2.011 | 1600 | 2.164 | 1660 |
| 3200 | 1.595 | 1425 | 1.748 | 1492 | 1.892 | 1552 | 2.082 | 1628 | 2.211 | 1678 |
| 3300 | 1.620 | 1436 | 1.796 | 1512 | 1.936 | 1570 | 2.100 | 1635 | 2.278 | 1703 |
| 3400 | 1.665 | 1456 | 1.834 | 1528 | 1.993 | 1593 | 2.138 | 1650 | 2.332 | 1723 |
| 3500 | 1.716 | 1478 | 1.887 | 1550 | 2.079 | 1627 | 2.241 | 1689 | 2.411 | 1752 |
| 3600 | 1.744 | 1490 | 1.916 | 1562 | 2.107 | 1638 | 2.310 | 1715 | 2.447 | 1765 |

Conducto rectangular de chapa galvanizada, transportan aire con la misma pérdida de carga que los conductos circulares correspondientes.

| TABLA DE SELECCION PARA REJAS DE IMPULSION - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------|-----|-----|-----------|-----|------|-----------|-----|------|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| RIS | L x H | 200 x 100 | | | 300 x 100 | | | 400 x 100 | | | 500 x 150 | | | 600 x 100 | | | 500 x 200 | | | 600 x 150 | | | 800 x 150 | | | 1000 x 150 | | | |
| RID | L x H | 200 x 100 | | | 300 x 100 | | | 400 x 100 | | | 500 x 100 | | | 600 x 100 | | | 500 x 200 | | | 600 x 150 | | | 800 x 200 | | | 1000 x 300 | | | |
| Qo m³/h | Aef | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | 0° | 30° | 45° | |
| 100 | Deflexión β | 2,3 | 2,6 | 3,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | 2,3 | 2,6 | 3,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | 3 | 2,1 | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | 5,2 | 6,6 | 8,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | Veif | 3,5 | 4 | 4,9 | 2,2 | 2,5 | 3,1 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | 4,6 | 3,2 | 2,4 | 4 | 2,7 | 1,9 | 3,5 | 2,5 | 1,7 | 3 | 2,1 | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | 12 | 16 | 19 | 4,7 | 6,1 | 7,7 | 2,5 | 3,2 | 4,1 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | 4,6 | 5,3 | 6,5 | 2,9 | 3,3 | 4,1 | 2,1 | 2,4 | 2,9 | 1,8 | 2,1 | 2,5 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | X | 6,4 | 4,5 | 3,1 | 5,1 | 3,6 | 2,6 | 4,5 | 3,1 | 2,3 | 4 | 2,7 | 2 | 3,6 | 2,5 | 1,8 | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | 21 | 28 | 33 | 8,2 | 11 | 13 | 4,3 | 5,6 | 7,1 | 3,2 | 4,3 | 5,2 | 1,9 | 2,5 | 3,2 | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | 6,9 | 7,9 | 9,7 | 4,4 | 5,1 | 6,2 | 3,2 | 3,7 | 4,5 | 2,7 | 3,1 | 3,8 | 2,1 | 2,4 | 2,9 | | | | | | | | | | | | | |
| | X | 9,4 | 6,5 | 4,7 | 8 | 5,5 | 4 | 7 | 4,8 | 3,5 | 6 | 4,4 | 3 | 5,4 | 3,8 | 2,7 | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | Apt | 47 | 61 | 74 | 19 | 25 | 31 | 10 | 13 | 16 | 7,1 | 9,4 | 11 | 4,3 | 5,6 | 7,1 | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | 5,8 | 6,7 | 8,2 | 4,3 | 4,9 | 6,1 | 3,6 | 4,1 | 5,6 | 2,8 | 3,2 | 3,9 | 2,2 | 2,5 | 3,1 | 2,1 | 2,4 | 2,7 | 1,9 | 2,2 | 2,7 | 1,7 | 2 | | |
| | X | | | | 10,5 | 7,3 | 5,2 | 9 | 6,2 | 4,5 | 8 | 5,5 | 4 | 7,1 | 4,9 | 3,5 | 6,2 | 4,4 | 3,1 | 6 | 4,2 | 3 | 5,9 | 4 | 2,9 | 5,5 | 3,9 | 2,8 | |
| | Apt | | | | 22 | 44 | 52 | 18 | 26 | 29 | 13 | 16 | 21 | 7,7 | 10 | 12 | 4,7 | 6,1 | 7,7 | 4,3 | 5,6 | 7,1 | 3,5 | 4,7 | 6,3 | 2,8 | 4,1 | 4,7 | |
| 400 | Veif | | | | 7,3 | 8,6 | 10,3 | 5,3 | 6,1 | 7,5 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 3,6 | 4,1 | 5,1 | 2,8 | 3,2 | 3,9 | 2,6 | 3 | 3,7 | 2,6 | 3,4 | 2,1 | 2,4 | 2,9 | 1,8 | 2,1 |
| | X | | | | 13,5 | 9,2 | 6,7 | 12 | 8,1 | 5,9 | 10,2 | 7,1 | 5,1 | 9 | 6,1 | 4,5 | 8 | 5,5 | 4 | 7,8 | 5,4 | 3,9 | 7,6 | 5,1 | 3,8 | 7 | 4,9 | 3,5 | |
| | Apt | | | | 52 | 69 | 83 | 28 | 36 | 44 | 20 | 27 | 32 | 13 | 16 | 21 | 7,7 | 10 | 12 | 6,6 | 8,8 | 11 | 5,6 | 7,7 | 8,8 | 4,3 | 5,6 | 7,1 | |
| | Veif | | | | | | | 6,4 | 7,4 | 9,1 | 5,4 | 6,2 | 7,6 | 4,3 | 4,9 | 6,1 | 3,3 | 3,8 | 4,7 | 3,1 | 3,6 | 4,4 | 2,8 | 3,2 | 3,9 | 2,6 | 3 | 3,7 | |
| 500 | X | | | | | | | 14 | 9,5 | 6,9 | 12 | 8,3 | 6 | 11 | 7,6 | 5,5 | 9,4 | 6,6 | 4,7 | 9,4 | 6,5 | 4,7 | 9 | 6,2 | 4,5 | 8,2 | 5,7 | 4,1 | |
| | Apt | | | | | | | 40 | 54 | 64 | 29 | 38 | 45 | 18 | 24 | 29 | 11 | 14 | 17 | 9,4 | 13 | 15 | 7,7 | 10 | 12 | 6,6 | 8,8 | 11 | |
| | Veif | | | | | | | 7,5 | 8,6 | 10,5 | 6,3 | 7,2 | 8,8 | 5 | 5,7 | 7,1 | 3,9 | 4,5 | 5,5 | 3,6 | 4,1 | 5,6 | 3,3 | 3,8 | 4,7 | 3 | 3,4 | 4,2 | |
| | X | | | | | | | 16,4 | 12 | 8,2 | 15 | 11 | 7,5 | 13 | 9 | 6,4 | 11,4 | 8 | 5,7 | 11,4 | 8 | 5,7 | 10,5 | 7,4 | 5,2 | 10 | 7 | 5 | |
| 600 | Apt | | | | | | | 55 | 72 | 88 | 39 | 51 | 60 | 25 | 32 | 39 | 15 | 20 | 24 | 13 | 16 | 21 | 11 | 14 | 17 | 8,8 | 11 | 14 | 6 |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 700 | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 800 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 900 | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1500 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2000 | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Veif | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja de impulsión simple deflexión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión doble deflexión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión triple deflexión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión cuadruple deflexión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión plegable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión fija | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión móvil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión telescópica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de acero inoxidable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de aluminio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de hierro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de cobre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de latón | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de bronce | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de níquel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de titanio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de zinc | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de galio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de indio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de estaño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de plomo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de bismuto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de antimonio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de telurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de selenio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reja impulsión de arsénico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| TABLA DE SELECCIÓN PARA REJAS DE IMPULSIÓN LINEAL CON BASTIDOR | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|-------|-------|-------|--|-------|--------------|--------------|-------|-------|
| Q m³/h | H = Altura nominal (mm) | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| | Aeff (m2/ml) | 0,034 | 0,049 | 0,062 | 0,079 | 0,092 | 0,109 | 0,124 | 0,138 | 0,155 | 0,171 |
| 200 | Vef | 1,23 | | | | | | | | | |
| | X | 2,8 | | | | | | < 25 dB (A) | | | |
| | APt | 1,5 | | | | | | 25/35 dB (A) | | | |
| 400 | Vef | 1,63 | 1,13 | | | | | | 35/45 dB (A) | | |
| | X | 4,2 | 3,5 | | | | | | > 45 dB (A) | | |
| | APt | 2,5 | 1,1 | | | | | | | | |
| 600 | Vef | 2,05 | 1,42 | 1,12 | |  | | | | | |
| | X | 5,1 | 4,2 | 4,1 | | | | | | | |
| | APt | 4,1 | 1,9 | 1,1 | | | | | | | |
| 800 | Vef | 2,45 | 1,7 | 1,34 | 1,05 | | | | | | |
| | X | 6,1 | 5,5 | 4,7 | 3,9 | | | | | | |
| | APt | 6,1 | 2,8 | 1,7 | 1,1 | | | | | | |
| 1000 | Vef | 2,86 | 1,98 | 1,57 | 1,23 | 1,06 | | | | | |
| | X | 7,2 | 6,2 | 5,6 | 4,7 | 4,4 | | | | | |
| | APt | 8 | 4,1 | 2,5 | 1,5 | 1,1 | | | | | |
| 1500 | Vef | 3,27 | 2,27 | 1,79 | 1,41 | 1,21 | 1,02 | | | | |
| | X | 8,5 | 7,2 | 6,3 | 5,6 | 5,1 | 4,8 | | | | |
| | APt | 11 | 5,2 | 3,2 | 1,9 | 1,5 | 1 | | | | |
| 2000 | Vef | 3,68 | 2,55 | 2,02 | 1,58 | 1,36 | 1,15 | 1 | | | |
| | X | 9,9 | 8,1 | 7 | 6,3 | 5,8 | 5,1 | 4,9 | | | |
| | APt | 13 | 6,1 | 4,1 | 2,5 | 1,9 | 1,1 | 1 | | | |
| 2500 | Vef | 4,08 | 2,83 | 2,24 | 1,76 | 1,51 | 1,27 | 1,12 | 1 | | |
| | X | 10,2 | 8,9 | 7,9 | 6,9 | 6,6 | 5,8 | 5 | 4,6 | | |
| | APt | 16 | 7,7 | 4,7 | 3,2 | 2,2 | 1,7 | 1,5 | 1,1 | | |
| 3000 | Vef | 4,9 | 3,4 | 2,69 | 2,11 | 1,81 | 1,53 | 1,34 | 1,21 | 1,08 | |
| | X | 12 | 9,6 | 8,5 | 7,6 | 7 | 6,4 | 5,8 | 5,5 | 5,1 | |
| | APt | 24 | 11 | 7,1 | 4,3 | 3,2 | 2,2 | 1,7 | 1,5 | 1,1 | |
| 4000 | Vef | | 3,97 | 3,14 | 2,46 | 2,11 | 1,78 | 1,57 | 1,41 | 1,25 | 1,14 |
| | X | | 11 | 10 | 8,8 | 8,1 | 7,7 | 7 | 6,6 | 6,1 | 6 |
| | APt | | 16 | 9,4 | 6,1 | 4,3 | 3,2 | 2,5 | 1,9 | 1,5 | 1,1 |
| 5000 | Vef | | 4,53 | 3,58 | 2,81 | 2,42 | 2,04 | 1,79 | 1,61 | 1,43 | 1,3 |
| | X | | 13 | 12 | 10 | 9,2 | 8,8 | 8,2 | 7,8 | 7 | 6,7 |
| | APt | | 20 | 13 | 7,7 | 5,6 | 4,1 | 3,2 | 2,5 | 1,9 | 1,7 |
| 6000 | Vef | | | 4,03 | 3,16 | 2,72 | 2,29 | 2,02 | 1,81 | 1,61 | 1,46 |
| | X | | | 13 | 12 | 11 | 9,7 | 9,1 | 9 | 8 | 7,5 |
| | APt | | | 16 | 10 | 7,1 | 5,2 | 4,1 | 3,2 | 2,5 | 2,2 |
| 8000 | Vef | | | 4,48 | 3,52 | 3,02 | 2,55 | 2,24 | 2,01 | 1,79 | 1,62 |
| | X | | | 14,5 | 13 | 12 | 11 | 10,1 | 9,6 | 9 | 8,6 |
| | APt | | | 20 | 12 | 8,8 | 6,6 | 4,7 | 4,1 | 3,2 | 2,5 |

L =
Largo de la reja x 1000 mm

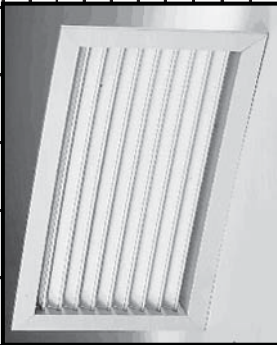
Aef =
Área efectiva de salida de una reja
[m²]

Q =
Caudal de aire impulsado por una reja
[m3/h]

APt
Pérdida de presión (1 Pa = 0,1 mm. cda)
[Pa]

Veff
Velocidad efectiva del aire a la salida de la reja
[m/sg]

| TABLA DE SELECCION PARA REJAS DE RETORNO ALETAS INCLINADAS A 45° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|------------|-----|
| RRH | L x H | 200 x 100 | | 300 x 100 | | 400 x 100 | | 600 x 100 | | 500 x 150 | | 400 x 200 | | 600 x 150 | | 800 x 150 | | 1200 x 150 | |
| | | 200 x 150 | | 200 x 200 | | 300 x 150 | | 300 x 200 | | 400 x 150 | | 400 x 200 | | 600 x 150 | | 600 x 200 | | 900 x 200 | |
| RRV | L x H | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qo | Aef | 0,006 | | 0,01 | | 0,012 | | 0,015 | | 0,02 | | 0,025 | | 0,029 | | 0,03 | | 0,04 | |
| | | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P |
| 100 | Montaje | 4,6 | 2,8 | 2,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | | | | | | | | | | | | |
| | Veff | 18 | 16 | 7 | 6,3 | 5 | 4,5 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 150 | Apt | 6,9 | 6,9 | 4,2 | 2,8 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | | | | | | | |
| | Vef | 43 | 39 | 17 | 15 | 11 | 10 | 7 | 6 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | | | | | | |
| 200 | Apt | 9,3 | 9,3 | 5,6 | 4,6 | 4,6 | 3,7 | 3,7 | 2,8 | 2,8 | 2,2 | 2,2 | 1,9 | 1,9 | | | | | |
| | Vef | 80 | 72 | 29 | 26 | 18 | 16 | 13 | 12 | 7 | 6 | 4 | 3,5 | 3 | 3,5 | 3 | | | |
| 300 | Apt | | | 8,3 | 8,3 | 6,9 | 6,9 | 5,6 | 5,6 | 4,2 | 3,3 | 3,3 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | | |
| | Vef | | | 60 | 54 | 43 | 39 | 29 | 26 | 17 | 15 | 10 | 8,8 | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | |
| 400 | Apt | | | | | 9,3 | 9,3 | 7,4 | 7,4 | 5,6 | 5,6 | 4,4 | 4,4 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 2,8 | 1,8 | 1,8 |
| | Vef | | | | | 80 | 72 | 50 | 45 | 29 | 26 | 18 | 16 | 14 | 12 | 11 | 7 | 6 | 3,2 |
| 500 | Apt | | | | | | | 9,3 | 9,3 | 6,9 | 6,9 | 5,6 | 5,6 | 4,8 | 4,8 | 4,6 | 3,5 | 2,2 | 2,2 |
| | Vef | | | | | | | 80 | 72 | 43 | 38 | 29 | 26 | 20 | 17 | 18 | 15 | 9 | 4 |
| 600 | Apt | | | | | | | | | 8,3 | 8,3 | 6,7 | 6,7 | 5,7 | 5,7 | 5,6 | 4,2 | 2,7 | 2,7 |
| | Vef | | | | | | | | | 60 | 53 | 42 | 37 | 30 | 26 | 29 | 25 | 17 | 14 |
| 700 | Apt | | | | | | | | | 97 | 9,7 | 7,8 | 7,8 | 6,7 | 6,7 | 6,5 | 4,9 | 3,1 | 3,1 |
| | Vef | | | | | | | | | 85 | 75 | 55 | 48 | 42 | 36 | 40 | 34 | 22 | 19 |
| 800 | Apt | | | | | | | | | | | 8,9 | 8,9 | 7,7 | 7,7 | 7,4 | 5,6 | 3,6 | 3,6 |
| | Vef | | | | | | | | | | | 70 | 62 | 52 | 44 | 50 | 29 | 25 | 12 |
| 900 | Apt | | | | | | | | | | | | | 8,6 | 8,6 | 8,3 | 6,2 | 4 | 4 |
| | Vef | | | | | | | | | | | | | 65 | 55 | 60 | 33 | 28 | 15 |
| 1000 | Apt | | | | | | | | | | | | | 9,6 | 9,6 | 9,3 | 6,9 | 4,5 | 4,5 |
| | Vef | | | | | | | | | | | | | 82 | 70 | 80 | 43 | 37 | 17 |
| 1500 | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,7 | 6,7 |
| | Vef | | | | | | | | | | | | | | | | | 42 | 35 |
| 2000 | Apt | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 |
| | Vef | | | | | | | | | | | | | | | | | 71 | 59 |
| RRH | Reja de retorno con aletas horizontales a 45° | Aef = Área efectiva de salida de una reja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RRV | Reja de retorno con aletas verticales a 45° | Qo= Caudal de aire impulsado por una reja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L = | Ancho de la reja | Apt Pérdida de presión (1 Pa = 0,1 mm. cda) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H = | Largo de la reja | Veff Velocidad efectiva del aire a la salida de la reja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTAS: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Los valores de las columnas C corresponden a rejillas conectadas a sistemas de conductos. Los valores de las columnas P corresponden a montajes sobre plenum con aspiración libre. Los valores de pérdida de presión Apt corresponden a rejillas con regulador de caudal totalmente abierto. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reducir los valores de la tabla un 50% en el caso de utilizar la rejilla sin regulador de caudal. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| TABLA DE SELECCION PARA REJAS DE RETORNO MODELO TIPO REJILLA | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|-------|--|
| RRR | L x H | 200 x 200 | 400 x 200 | 300 x 300 | 600 x 200 400 x 300 | 700 x 200 500 x 300 | 800 x 200 400 x 400 | 900 x 200 600 x 300 | 500 x 500 | 1200 x 300 | 1200 x 600 | | |
| | L x H | | | | | | | | | 900 x 400 | | | |
| | L x H | | | | | | | | | 700 x 500 | | | |
| | L x H | | | | | | | | | 600 x 600 | | | |
| Qo | Aef | 0,03 | 0,063 | 0,076 | 0,102 | 0,125 | 0,135 | 0,16 | 0,222 | 0,346 | 0,676 | | |
| 200 | Vef | 1,9 | | | | | | | | | | | |
| 400 | Apt | 3,8 | | | | | | | | | | | |
| | Vef | 3,7 | 1,8 | 1,5 | | | | | | | | | |
| 600 | Apt | 14 | 3,4 | 2,4 | | | | | | | | | |
| | Vef | 5,6 | 2,6 | 2,2 | 1,6 | 1,3 | | | | | | | |
| 800 | Apt | 3,3 | 7,1 | 5,1 | 2,7 | 1,8 | | | | | | | |
| | Vef | 7,4 | 3,5 | 2,9 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | | | | | |
| 1000 | Apt | 57 | 13 | 8,9 | 5,1 | 3,4 | 2,7 | 2,1 | | | | | |
| | Vef | 9,3 | 4,4 | 3,7 | 2,7 | 2,2 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | | | | |
| 1500 | Apt | 91 | 20 | 14 | 7,7 | 5,1 | 4,6 | 3 | 1,8 | | | | |
| | Vef | | 6,6 | 5,5 | 4,1 | 3,3 | 3,1 | 2,6 | 1,9 | | | | |
| 2000 | Apt | | 46 | 32 | 18 | 11 | 10 | 7,1 | 3,8 | | | | |
| | Vef | | 8,8 | 7,3 | 5,4 | 4,4 | 4,1 | 3,5 | 2,5 | 1,6 | | | |
| 2500 | Apt | | 81 | 56 | 31 | 20 | 18 | 13 | 6,6 | 2,7 | | | |
| | Vef | | | 9,1 | 6,8 | 5,6 | 5,1 | 4,3 | 3,1 | 2 | | | |
| 3000 | Apt | | | 87 | 49 | 33 | 27 | 19 | 10 | 4 | | | |
| | Vef | | | | 8,2 | 6,7 | 6,2 | 5,2 | 3,8 | 2,5 | | | |
| 4000 | Apt | | | | 71 | 47 | 40 | 28 | 15 | 6,6 | | | |
| | Vef | | | | | 8,9 | 8,2 | 6,9 | 5 | 3,2 | 1,6 | | |
| 5000 | Apt | | | | | 83 | 71 | 50 | 26 | 11 | 2,7 | | |
| | Vef | | | | | | | 8,7 | 6,3 | 4 | 2,1 | | |
| 6000 | Apt | | | | | | | 79 | 42 | 17 | 4,6 | | |
| | Vef | | | | | | | | | 4,8 | 2,5 | | |
| 8000 | Apt | | | | | | | | | 24 | 6,6 | | |
| | Vef | | | | | | | | | 6,4 | 3,3 | | |
| 10000 | Apt | | | | | | | | | 43 | 11 | | |
| | Vef | | | | | | | | | 8 | 4,1 | | |
| RRR | | | | | | | | | | 67 | 18 | | |
| L = | Reja de retorno tipo rejilla | | | | | | | | | | | Aef = | Área efectiva de salida de una reja |
| H = | Ancho de la reja | | | | | | | | | | | Qo= | Caudal de aire impulsado por una reja |
| | Largo de la reja | | | | | | | | | | | Apt | Pérdida de presión (1 Pa = 0,1 mm. cda) |
| | | | | | | | | | | | | Veff | Velocidad efectiva del aire a la salida de la reja |


NOTAS:

Los valores de pérdida de presión corresponden a rejillas con regulador de caudal totalmente abierto.

En el gráfico inferior de la página 11 se indican los incrementos de pérdida de presión que se producen como consecuencia de una apertura parcial de la compuerta. Reducir los valores de la tabla un 50% en el caso de utilizar la rejilla sin regulador de caudal.

Para obtener los valores de presión sonora es necesario corregir los datos de esta tabla

Para habitaciones normales con un volumen de 600 m3 a una distancia de 3 m. de la rejilla, los valores de esta tabla se reducen 10 dB.

| TABLA DE SELECCIÓN PARA DIFUSORES CIRCULARES | | | | | | | |
|--|-------|---|----------------------------|-----|------|------|------|
| DIMENSIÓN | Aef |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | | | |
| NOMINAL | (m2) | | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| 6" | 0,009 | Q | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 |
| | | APt | 11 | 17 | 25 | 34 | 44 |
| | | Vef | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | X0,25 | 1,9 | 2,4 | 2,8 | 3,3 | 3,8 |
| | | X0,5 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,7 | 1,9 |
| | | Lw (A) | 25 | 29 | 32 | 36 | 40 |
| 8" | 0,014 | Q | 230 | 280 | 340 | 400 | 450 |
| | | APt | 15 | 24 | 34 | 46 | 60 |
| | | Vef | 4,6 | 5,7 | 6,9 | 8 | 9,2 |
| | | X0,25 | 2,7 | 3,4 | 4,1 | 4,7 | 5,4 |
| | | X0,5 | 1,4 | 1,7 | 2 | 2,4 | 2,7 |
| | | Lw (A) | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 |
| 10" | 0,02 | Q | 350 | 440 | 530 | 620 | 710 |
| | | APt | 19 | 30 | 43 | 59 | 77 |
| | | Vef | 4,9 | 6,2 | 7,4 | 8,7 | 9,9 |
| | | X0,25 | 3,5 | 4,4 | 5,3 | 6,1 | 7 |
| | | X0,5 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,1 | 3,5 |
| | | Lw (A) | 39 | 43 | 47 | 52 | 56 |
| 12" | 0,027 | Q | 510 | 640 | 760 | 890 | 1020 |
| | | APt | 15 | 24 | 34 | 46 | 60 |
| | | Vef | 5,2 | 6,4 | 7,7 | 9 | 10,3 |
| | | X0,25 | 4,3 | 5,4 | 6,5 | 7,5 | 8,6 |
| | | X0,5 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,1 | 3,5 |
| | | Lw (A) | 39 | 43 | 47 | 52 | 56 |
| 14" | 0,036 | Q | 690 | 870 | 1040 | 1210 | 1390 |
| | | APt | 15 | 24 | 34 | 46 | 60 |
| | | Vef | 5,3 | 6,6 | 7,9 | 9,3 | 10,6 |
| | | X0,25 | 5,1 | 6,4 | 7,6 | 8,9 | 10,2 |
| | | X0,5 | 2,5 | 3,2 | 3,8 | 4,5 | 5,1 |
| | | Lw (A) | 40 | 45 | 51 | 57 | 62 |

Aef
Area efectiva en m2

Q
Caudal en m3/h

APt
Pérdida de presión en Pa

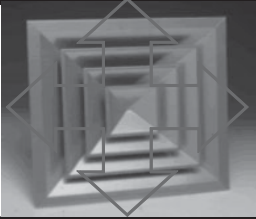
Vef
Velocidad efectiva en m/sg

X0,25
Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg.

X0,5
Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg.

Lw (A)
Potencia sonora en dB (A).

TABLA DE SELECCIÓN PARA DIFUSORES CUADRADOS DE 4 VIAS - DC4v

| Dimensión nominal |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | | | | | |
|-------------------|---|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 6" x 6" | Qo | 180 | 230 | 280 | 320 | 370 | 410 | 460 |
| | Apt | 9 | 15 | 20 | 32 | 40 | 60 | 65 |
| | X0,25 | 3 | 7,2 | 8 | 9,6 | 11,2 | 12 | 13,2 |
| | X0,5 | 1,5 | 3,6 | 4 | 4,8 | 5,6 | 6 | 6,6 |
| | Lw (A) | <25 | 27 | 30 | 35 | 38 | 43 | 44 |
| 9" x 9" | Qo | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| | Apt | 10 | 15 | 20 | 32 | 40 | 55 | 68 |
| | X0,25 | 4 | 4,8 | 6 | 6,4 | 8 | 8,4 | 9,6 |
| | X0,5 | 2 | 2,4 | 3 | 3,2 | 4 | 4,2 | 4,8 |
| | Lw (A) | <25 | 28 | 33 | 37 | 40 | 45 | 50 |
| 12" x 12" | Qo | 690 | 860 | 1040 | 1210 | 1380 | 1560 | 1730 |
| | Apt | 9 | 16 | 22 | 30 | 39 | 58 | 73 |
| | X0,25 | 5,2 | 6,4 | 8 | 8,4 | 10,4 | 11 | 12 |
| | X0,5 | 2,6 | 3,2 | 4 | 4,2 | 5,2 | 5,5 | 6 |
| | Lw (A) | 25 | 30 | 36 | 39 | 43 | 47 | 50 |
| 15" x 15" | Qo | 1070 | 1330 | 1600 | 1870 | 2130 | 2400 | 2670 |
| | Apt | 11 | 16 | 30 | 35 | 50 | 60 | 80 |
| | X0,25 | 6,8 | 8,6 | 10 | 12 | 13,6 | 16 | 19 |
| | X0,5 | 3,4 | 4,3 | 5 | 6 | 6,8 | 8 | 9,5 |
| | Lw (A) | 28 | 33 | 39 | 43 | 48 | 50 | >50 |
| 18" x 18" | Qo | 1520 | 1900 | 2290 | 2670 | 3050 | 3430 | 3810 |
| | Apt | 8 | 12 | 18 | 28 | 39 | 45 | 60 |
| | X0,25 | 8 | 10 | 12 | 14,5 | 16 | 19 | 22 |
| | X0,5 | 4 | 5 | 6 | 7,2 | 8 | 9,5 | 11 |
| | Lw (A) | 27 | 32 | 37 | 42 | 46 | 48 | >50 |
| 21" x 21" | Qo | 2060 | 2580 | 3090 | 3610 | 4120 | 4640 | 5150 |
| | Apt | 11 | 16 | 28 | 35 | 45 | 60 | 85 |
| | X0,25 | 8,8 | 10,8 | 13,6 | 15,2 | 17,6 | 24 | >30 |
| | X0,5 | 4,4 | 5,4 | 6,8 | 7,6 | 8,8 | 12 | 16 |
| | Lw (A) | 30 | 35 | 41 | 45 | 48 | 50 | 50 |
| 24" x 24" | Qo | 2680 | 3350 | 4020 | 4690 | 5360 | 6030 | 6700 |
| | Apt | 10 | 14 | 20 | 35 | 50 | 70 | 90 |
| | X0,25 | 9,2 | 11,2 | 14,4 | 16,8 | 24 | 28 | >30 |
| | X0,5 | 4,6 | 5,6 | 7,2 | 8,4 | 12 | 14 | 17,5 |
| | Lw (A) | 30 | 36 | 40 | 46 | 50 | >50 | >50 |
| 27" x 27" | Qo | 3380 | 4220 | 5060 | 5910 | 6750 | 7600 | 8440 |
| | Apt | 10 | 16 | 30 | 40 | 60 | 70 | 90 |
| | X0,25 | 9,6 | 13,6 | 16 | 24 | 28 | >30 | >30 |
| | X0,5 | 4,8 | 6,8 | 8 | 12 | 14 | 18 | 23 |
| | Lw (A) | 31 | 37 | 46 | 50 | >50 | >50 | >50 |

Qo = Caudal en m3/h

Apt = Pérdida de presión en Pa

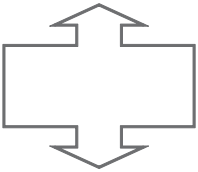
Vef = Velocidad efectiva en m/sg

X0,25 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg.

X0,5 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg.

Lw (A) = Potencia sonora en dB (A).

TABLA DE SELECCIÓN PARA DIFUSORES CUADRADOS DE 2 VIAS - DC2v

| Dimensión nominal |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | | | | | |
|-------------------|---|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 6" x 6" | Qo | 180 | 230 | 280 | 320 | 370 | 410 | 460 |
| | Apt | 9 | 15 | 20 | 32 | 40 | 60 | 65 |
| | X0,25 | 6 | 8 | 9,6 | 11 | 14 | 15,4 | 18 |
| | X0,5 | 3 | 4 | 4,8 | 5,5 | 7 | 7,7 | 9 |
| | Lw (A) | <25 | 27 | 30 | 35 | 38 | 43 | 44 |
| 9" x 9" | Qo | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| | Apt | 10 | 15 | 20 | 32 | 40 | 55 | 68 |
| | X0,25 | 12 | 14,4 | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 |
| | X0,5 | 6 | 7,2 | 9 | 10 | 12 | 13 | 15 |
| | Lw (A) | <25 | 28 | 33 | 37 | 40 | 45 | 50 |
| 12" x 12" | Qo | 690 | 860 | 1040 | 1210 | 1380 | 1560 | 1730 |
| | Apt | 9 | 16 | 22 | 30 | 39 | 58 | 73 |
| | X0,25 | 12,6 | 16 | 20,6 | 23,2 | 26 | 29 | > 30 |
| | X0,5 | 6,3 | 8 | 10,3 | 11,6 | 13 | 14,5 | 16 |
| | Lw (A) | 25 | 30 | 36 | 39 | 43 | 47 | 50 |
| 15" x 15" | Qo | 1070 | 1330 | 1600 | 1870 | 2130 | 2400 | 2670 |
| | Apt | 11 | 16 | 30 | 35 | 50 | 60 | 80 |
| | X0,25 | 15,6 | 20 | 24 | 26,6 | 28 | > 30 | > 30 |
| | X0,5 | 7,8 | 10 | 12 | 13,3 | 14 | 16 | 17,8 |
| | Lw (A) | 28 | 33 | 39 | 43 | 48 | 50 | >50 |
| 18" x 18" | Qo | 1520 | 1900 | 2290 | 2670 | 3050 | 3430 | 3810 |
| | Apt | 8 | 12 | 18 | 28 | 39 | 45 | 60 |
| | X0,25 | 18 | 24 | 27 | 30 | > 30 | > 30 | > 30 |
| | X0,5 | 9 | 12 | 13,5 | 15 | 16,8 | 18,5 | 21 |
| | Lw (A) | 27 | 32 | 37 | 42 | 46 | 48 | >50 |

Qo = Caudal en m3/h

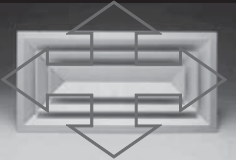
Apt = Pérdida de presión en Pa

Vef = Velocidad efectiva en m/sg

X0,25 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg.

X0,5 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg.

Lw (A) = Potencia sonora en dB (A).

| TABLA DE SELECCIÓN PARA DIFUSORES RECTANGULARES DE CUATRO VIAS DR4v | | | | | | | | | |
|---|-------|---|----------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Dimensión nominal | Aef |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | | | | | |
| | | | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 9" x 6" | 0,018 | Qo | 130 | 160 | 190 | 230 | 260 | 290 | 320 |
| | | Apt | 3,5 | 4 | 7 | 10,5 | 11,2 | 16 | 18 |
| | | X0,25 | 3,2 - 1,3 | 4 - 1,6 | 4,8 - 2 | 5,6 - 2,4 | 6,4 - 2,6 | 7,6 - 3 | 9 - 3,2 |
| | | X0,5 | 1,6 - 0,65 | 2 - 0,8 | 2,4 - 1 | 2,8 - 1 | 3,2 - 1,3 | 3,8 - 1,5 | 4,5 - 1,6 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 29 |
| 12" x 6" | 0,023 | Qo | 160 | 210 | 250 | 290 | 330 | 370 | 410 |
| | | Apt | 2,2 | 4 | 6,2 | 9,3 | 12 | 14 | 18 |
| | | X0,25 | 4 - 1 | 5,6 - 1,3 | 6,4 - 1,6 | 7,8 - 2 | 9,2 - 2,2 | 9,4 - 2,4 | 10 - 2,5 |
| | | X0,5 | 2 - 0,5 | 2,8 - 0,65 | 3,2 - 0,8 | 3,9 - 1 | 4,6 - 1,1 | 4,7 - 1,2 | 5 - 1,25 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 27 | 29 |
| 15" x 6" | 0,027 | Qo | 200 | 250 | 300 | 340 | 390 | 440 | 490 |
| | | Apt | 2,2 | 3,9 | 5,8 | 7,7 | 10 | 12 | 15 |
| | | X0,25 | 4,6 - 1 | 5,6 - 1,3 | 6,4 - 1,6 | 7,8 - 1,8 | 9 - 1,9 | 9,6 - 2,2 | 11 - 2,5 |
| | | X0,5 | 2,3 - 0,5 | 2,8 - 0,68 | 3,2 - 0,8 | 3,8 - 0,9 | 4,5 - 0,95 | 4,8 - 1,1 | 5,5 - 1,25 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 26 | 29 |
| 18" x 6" 12" x 9" | 0,034 | Qo | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| | | Apt | 2,1 | 3,8 | 5,3 | 6,2 | 8,5 | 11,8 | 12,5 |
| | | X0,25 | 4,8 - 1,1 | 6 - 1,3 | 7,2 - 1,6 | 8,2 - 1,8 | 9,6 - 2,2 | 10,8 - 2,4 | 12 - 2,6 |
| | | X0,5 | 2,4 - 0,55 | 3 - 0,65 | 3,6 - 0,8 | 4,1 - 0,9 | 4,8 - 1,1 | 5,4 - 1,2 | 6 - 1,3 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 31 |
| 15" x 9" | 0,396 | Qo | 280 | 360 | 430 | 500 | 570 | 640 | 710 |
| | | Apt | 2,1 | 3,8 | 5,3 | 6,2 | 8,5 | 11,8 | 12,5 |
| | | X0,25 | 4,2 - 1,4 | 5,4 - 2 | 6,4 - 2,2 | 7,4 - 2,8 | 8,6 - 3 | 9,4 - 3,4 | 10,4 - 4,2 |
| | | X0,5 | 2,01 - 0,7 | 2,7 - 1 | 3,2 - 1,1 | 3,7 - 1,4 | 4,3 - 1,5 | 4,7 - 1,7 | 5,2 - 2,1 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 28 |
| 18" x 9" | 0,047 | Qo | 340 | 430 | 510 | 600 | 680 | 770 | 850 |
| | | Apt | 2 | 3,5 | 4,2 | 6,2 | 8,2 | 11,5 | 14 |
| | | X0,25 | 6,6 - 1,5 | 7,8 - 2,2 | 9,6 - 2,4 | 10,8 - 2,6 | 12 - 2,7 | 14 - 3,2 | 14,4 - 3,6 |
| | | X0,5 | 3,3 - 0,75 | 3,9 - 1,1 | 4,8 - 1,2 | 5,4 - 1,3 | 6 - 1,35 | 7 - 1,6 | 7,2 - 1,8 |
| | | Lw (A) | >25 | >25 | >25 | >25 | >25 | 28 | 31 |
| 15" x 12" | 0,051 | Qo | 370 | 460 | 550 | 650 | 740 | 830 | 920 |
| | | Apt | 1,8 | 2,8 | 4 | 6 | 8 | 9,5 | 12 |
| | | X0,25 | 6,4 - 1,6 | 8 - 2 | 9,6 - 2,4 | 11 - 2,8 | 7,6 - 3,2 | 14,4 - 3,6 | 16 - 4 |
| | | X0,5 | 3,2 - 0,8 | 4 - 1 | 4,8 - 1,2 | 5,5 - 1,4 | 6,8 - 1,6 | 7,2 - 1,8 | 8 - 2 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 27 | 30 |
| 18" x 12" | 0,06 | Qo | 430 | 540 | 640 | 750 | 860 | 970 | 1070 |
| | | Apt | 1,8 | 2,3 | 4 | 5,2 | 7 | 9,3 | 11 |
| | | X0,25 | 6 - 1,8 | 8 - 2,4 | 9,6 - 2,8 | 10,8 - 3,2 | 12 - 3,8 | 14,4 - 4,2 | 16 - 4,8 |
| | | X0,5 | 3 - 0,9 | 4 - 1,2 | 4,8 - 1,4 | 5,4 - 1,6 | 6 - 1,9 | 7,2 - 2,1 | 8 - 2,4 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 27 | 30 |
| 18" x 15" | 0,076 | Qo | 550 | 680 | 820 | 960 | 1100 | 1230 | 1370 |
| | | Apt | 1,9 | 3 | 4,1 | 6 | 8 | 10,5 | 14 |
| | | X0,25 | 6,4 - 2 | 8 - 2,4 | 9,6 - 2,2 | 11 - 3,4 | 14 - 4 | 14,4 - 4,4 | 15,2 - 4,8 |
| | | X0,5 | 3,2 - 1 | 4 - 1,2 | 4,8 - 1,1 | 5,5 - 1,7 | 7 - 2 | 7,2 - 2,2 | 7,6 - 2,4 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 29 | 31 |

Qo = Caudal en m3/h

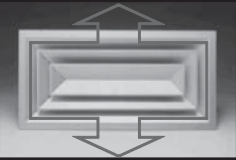
APt = Pérdida de presión en Pa

Vef = Velocidad efectiva en m/sg

X0,25 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg.

X0,5 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg.

Lw (A) = Potencia sonora en dB (A).

| TABLA DE SELECCIÓN PARA DIFUSORES RECTANGULARES DE DOS VIAS DR2v | | | | | | | | | |
|---|-------|---|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Dimensión nominal | Aef |  | VELOCIDAD EN CUELLO (m/sg) | | | | | | |
| | | | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 9" x 6" | 0,018 | Qo | 130 | 160 | 190 | 230 | 260 | 290 | 320 |
| | | Apt | 3,5 | 4 | 7 | 10,5 | 11,2 | 16 | 18 |
| | | X0,25 | 6,2 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | X0,5 | 3,1 | 3,5 | 4 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 29 |
| 12" x 6" | 0,023 | Qo | 160 | 210 | 250 | 290 | 330 | 370 | 410 |
| | | Apt | 2,2 | 4 | 6,2 | 9,3 | 12 | 14 | 18 |
| | | X0,25 | 6 | 7 | 9 | 9,6 | 11 | 12 | 14 |
| | | X0,5 | 3 | 3,5 | 4,5 | 4,8 | 5,5 | 6 | 7 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 29 |
| 15" x 6" | 0,027 | Qo | 200 | 250 | 300 | 340 | 390 | 440 | 490 |
| | | Apt | 2,2 | 3,9 | 5,8 | 7,7 | 10 | 12 | 15 |
| | | X0,25 | 5,2 | 6,6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11,6 |
| | | X0,5 | 2,6 | 3,3 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 5,8 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 26 | 29 |
| 18" x 6" 12" x 9" | 0,034 | Qo | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| | | Apt | 2,1 | 3,8 | 5,3 | 6,2 | 8,5 | 11,8 | 12,5 |
| | | X0,25 | 6 | 7,6 | 9 | 9,6 | 10,8 | 12,2 | 15 |
| | | X0,5 | 3 | 3,8 | 4,5 | 4,8 | 5,4 | 6,1 | 7,5 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 31 |
| 15" x 9" | 0,396 | Qo | 280 | 360 | 430 | 500 | 570 | 640 | 710 |
| | | Apt | 2,1 | 3,8 | 5,3 | 6,2 | 8,5 | 11,8 | 12,5 |
| | | X0,25 | 5,2 | 6,6 | 8 | 9 | 12 | 11 | 11,6 |
| | | X0,5 | 2,6 | 3,3 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 5,8 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | <25 | 27 | 28 |
| 18" x 9" | 0,047 | Qo | 340 | 430 | 510 | 600 | 680 | 770 | 850 |
| | | Apt | 2 | 3,5 | 4,2 | 6,2 | 8,2 | 11,5 | 14 |
| | | X0,25 | 6 | 7,6 | 9 | 9,6 | 10,8 | 12,2 | 15 |
| | | X0,5 | 3 | 3,8 | 4,5 | 4,8 | 5,4 | 6,1 | 7,5 |
| | | Lw (A) | >25 | >25 | >25 | >25 | 25 | 27 | 30 |
| 15" x 12" | 0,051 | Qo | 370 | 460 | 550 | 650 | 740 | 830 | 920 |
| | | Apt | 1,8 | 2,8 | 4 | 6 | 8 | 9,5 | 12 |
| | | X0,25 | 9,4 | 10,4 | 13,6 | 15 | 16,6 | 20 | 25 |
| | | X0,5 | 4,7 | 5,2 | 6,8 | 7,5 | 8,3 | 10 | 12,5 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 27 | 30 |
| 18" x 12" | 0,06 | Qo | 430 | 540 | 640 | 750 | 860 | 970 | 1070 |
| | | Apt | 1,8 | 2,3 | 4 | 5,2 | 7 | 9,3 | 11 |
| | | X0,25 | 9,4 | 10,4 | 13,6 | 15 | 16,6 | 20 | 25 |
| | | X0,5 | 4,7 | 5,2 | 6,8 | 7,5 | 8,3 | 10 | 12,5 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 27 | 30 |
| 18" x 15" | 0,076 | Qo | 550 | 680 | 820 | 960 | 1100 | 1230 | 1370 |
| | | Apt | 1,9 | 3 | 4,1 | 6 | 8 | 10,5 | 14 |
| | | X0,25 | 12 | 16 | 17,2 | 19 | 22,4 | 26 | 30 |
| | | X0,5 | 6 | 8 | 8,6 | 9,5 | 11,2 | 13 | 15 |
| | | Lw (A) | <25 | <25 | <25 | <25 | 25 | 29 | 31 |

Qo = Caudal en m3/h
 APt = Pérdida de presión en Pa
 Vef = Velocidad efectiva en m/sg

X0,25 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg.
 X0,5 = Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg.
 Lw (A) = Potencia sonora en dB (A).

TABLA N° 17
 Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción
 de agua caliente por circulación natural

| | Diámetros de las cañerías | | | | | | | | | |
|------|---------------------------|------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| | 13 1/2" | 19 3/4" | 25 1" | 32 1 1/4" | 38 1 1/2" | 51 2" | 64 2 1/2" | 76 3" | 88 3 1/2" | 102 4" |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | |
| 0,05 | | | 0,7 | 1,7 | 2,5 | 4,9 | 9,3 | 15,0 | 22,4 | 32,1 |
| 0,05 | | | 0,8 | 1,7 | 2,6 | 5,2 | 9,8 | 15,9 | 23,7 | 34,0 |
| 0,06 | | 0,4 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 5,5 | 10,4 | 16,7 | 25,0 | 35,7 |
| 0,06 | | 0,4 | 0,8 | 1,9 | 2,9 | 5,8 | 10,9 | 17,3 | 26,1 | 37,3 |
| 0,07 | | 0,4 | 0,9 | 2,0 | 3,0 | 6,0 | 11,3 | 18,2 | 27,2 | 39,0 |
| 0,07 | | 0,5 | 0,9 | 2,1 | 3,1 | 6,3 | 11,8 | 19,0 | 28,3 | 40,5 |
| 0,08 | | 0,5 | 1,0 | 2,2 | 3,3 | 6,5 | 12,2 | 19,7 | 29,4 | 42,0 |
| 0,09 | | 0,5 | 1,0 | 2,3 | 3,5 | 7,0 | 13,1 | 21,1 | 31,5 | 45,0 |
| 0,10 | | 0,5 | 1,1 | 2,5 | 3,7 | 7,5 | 14,0 | 22,5 | 33,5 | 47,8 |
| 0,11 | | 0,6 | 1,2 | 2,6 | 4,0 | 7,8 | 14,7 | 23,7 | 35,2 | 51,5 |
| 0,12 | | 0,6 | 1,2 | 2,8 | 4,2 | 8,2 | 15,5 | 25,0 | 37,1 | 53,0 |
| 0,13 | 0,3 | 0,6 | 1,3 | 2,9 | 4,4 | 8,7 | 16,2 | 26,0 | 38,8 | 55,3 |
| 0,14 | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 3,0 | 4,6 | 9,0 | 16,9 | 27,1 | 40,4 | 58,0 |
| 0,15 | 0,3 | 0,7 | 1,4 | 3,2 | 4,8 | 9,5 | 17,6 | 28,2 | 42,2 | 60,0 |
| 0,16 | 0,3 | 0,7 | 1,4 | 3,3 | 4,9 | 9,7 | 18,2 | 29,3 | 43,8 | 62,3 |
| 0,17 | 0,3 | 0,7 | 1,5 | 3,4 | 5,1 | 10,1 | 18,9 | 30,3 | 45,2 | 64,5 |
| 0,18 | 0,3 | 0,8 | 1,5 | 3,5 | 5,3 | 10,4 | 19,5 | 31,3 | 46,9 | 66,3 |
| 0,19 | 0,3 | 0,8 | 1,6 | 3,6 | 5,5 | 10,7 | 20,1 | 32,4 | 48,2 | 68,5 |
| 0,20 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 3,7 | 5,6 | 11,0 | 20,7 | 32,2 | 50,0 | 70,5 |
| 0,22 | 0,4 | 0,9 | 1,7 | 3,9 | 5,9 | 11,7 | 21,9 | 35,0 | 52,5 | 74,5 |
| 0,24 | 0,4 | 0,9 | 1,8 | 4,2 | 6,2 | 12,3 | 23,0 | 37,0 | 55,5 | 78,0 |
| 0,26 | 0,4 | 0,9 | 1,9 | 4,4 | 6,6 | 12,9 | 24,0 | 38,7 | 57,5 | 82,0 |
| 0,28 | 0,4 | 1,0 | 2,0 | 4,5 | 6,8 | 13,5 | 25,1 | 40,2 | 60,0 | 85,0 |
| 0,30 | 0,5 | 1,0 | 2,1 | 4,7 | 7,1 | 14,0 | 26,2 | 41,9 | 62,5 | 88,0 |
| 0,33 | 0,5 | 1,1 | 2,2 | 5,0 | 7,5 | 14,8 | 27,6 | 44,2 | 66,0 | 93,0 |
| 0,36 | 0,5 | 1,1 | 2,3 | 5,2 | 7,9 | 15,5 | 29,0 | 46,4 | 69,5 | 98,0 |
| 0,40 | 0,5 | 1,2 | 2,4 | 5,6 | 8,4 | 16,5 | 30,8 | 49,2 | 73,5 | 103,0 |
| 0,45 | 0,6 | 1,3 | 2,6 | 5,9 | 9,0 | 17,6 | 33,0 | 52,5 | 79,5 | 110,0 |
| 0,50 | 0,6 | 1,4 | 2,8 | 6,3 | 9,6 | 18,8 | 35,0 | 55,5 | 83,0 | 118,0 |
| 0,55 | 0,6 | 1,5 | 2,9 | 6,6 | 10,0 | 19,8 | 36,8 | 58,5 | 88,0 | 124,0 |
| 0,60 | 0,7 | 1,5 | 3,1 | 7,0 | 10,5 | 20,7 | 38,7 | 61,5 | 92,0 | 130,0 |
| 0,65 | 0,7 | 1,6 | 3,2 | 7,3 | 11,0 | 21,7 | 40,5 | 64,5 | 96,0 | 136,0 |
| 0,70 | 0,7 | 1,7 | 3,4 | 7,6 | 11,5 | 22,6 | 42,1 | 67,5 | 100,0 | 141,0 |
| 0,75 | 0,8 | 1,7 | 3,5 | 7,9 | 11,9 | 23,4 | 43,8 | 70,0 | 100,4 | 148,0 |
| 0,80 | 0,8 | 1,8 | 3,6 | 8,2 | 12,4 | 24,2 | 45,2 | 72,5 | 108,0 | 152,0 |
| 0,90 | 0,9 | 1,9 | 3,9 | 8,8 | 13,2 | 26,0 | 48,5 | 78,0 | 115,0 | 163,0 |
| 1,00 | 0,9 | 2,1 | 4,1 | 9,3 | 14,0 | 27,4 | 51,8 | 83,0 | 122,0 | 172,0 |
| 1,10 | 1,0 | 2,2 | 4,3 | 9,8 | 14,8 | 29,3 | 54,5 | 87,0 | 129,0 | 183,0 |
| 1,20 | 1,0 | 2,3 | 4,5 | 10,3 | 15,6 | 30,9 | 57,0 | 91,0 | 136,0 | 192,0 |
| 1,30 | 1,1 | 2,4 | 4,6 | 10,8 | 16,2 | 32,2 | 59,5 | 95,5 | 142,0 | 201,0 |
| 1,4 | 1,1 | 2,5 | 5,0 | 11,2 | 16,9 | 33,7 | 61,2 | 99,5 | 148,0 | 210,0 |
| 1,5 | 1,2 | 2,6 | 5,1 | 11,7 | 17,6 | 35,0 | 64,7 | 103,0 | 154,0 | 217,0 |
| 1,6 | 1,2 | 2,7 | 5,3 | 12,1 | 18,4 | 36,2 | 67,0 | 107,0 | 159,0 | 225,0 |
| 1,7 | 1,2 | 2,8 | 5,6 | 12,6 | 19,0 | 37,6 | 69,0 | 111,0 | 164,0 | 233,0 |
| 1,8 | 1,3 | 2,9 | 5,7 | 12,9 | 19,6 | 38,9 | 71,0 | 114,0 | 170,0 | 240,0 |
| 1,9 | 1,3 | 3,0 | 5,9 | 13,5 | 20,2 | 40,0 | 73,5 | 118,0 | 175,0 | 248,0 |
| 2,0 | 1,4 | 3,1 | 6,0 | 13,9 | 20,9 | 41,2 | 73,5 | 121,0 | 180,0 | 255,0 |
| 2,2 | 1,4 | 3,2 | 6,4 | 14,7 | 22,0 | 43,7 | 80,0 | 128,0 | 190,0 | 259,0 |
| 2,4 | 1,5 | 3,4 | 6,7 | 15,4 | 23,1 | 45,6 | 83,5 | 134,0 | 200,0 | 282,0 |
| 2,6 | 1,6 | 3,5 | 7,1 | 16,2 | 24,1 | 48,0 | 87,3 | 140,0 | 209,0 | 293,0 |
| 2,8 | 1,6 | 3,7 | 7,3 | 16,8 | 25,0 | 49,9 | 91,0 | 146,0 | 218,0 | 308,0 |
| 3,0 | 1,7 | 3,8 | 7,6 | 17,5 | 26,0 | 52,0 | 94,5 | 152,0 | 226,0 | 319,0 |
| 3,3 | 1,8 | 4,0 | 8,0 | 18,5 | 27,3 | 54,5 | 100,0 | 160,0 | 237,0 | 335,0 |
| 3,6 | 1,9 | 4,3 | 8,5 | 19,4 | 28,9 | 57,5 | 105,0 | 168,0 | 250,0 | 351,0 |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | |

TABLA N° 18
Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción
de agua caliente por circulación Forzada

| | Diámetros de las cañerías | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------|------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| | 13 1/2" | 19 3/4" | 25 1" | 32 1 1/4" | 38 1 1/2" | 51 2" | 64 2 1/2" | 76 3" | 88 3 1/2" | 102 4" |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | |
| 4,0 | 2,0 | 4,5 | 9,0 | 20,6 | 30,0 | 61,0 | 111,0 | 178,0 | 264,0 | 372,0 |
| 4,5 | 2,2 | 4,8 | 9,6 | 22,6 | 33,0 | 65,0 | 118,0 | 190,0 | 282,0 | 397,0 |
| 5,0 | 2,3 | 5,1 | 10,2 | 23,3 | 35,0 | 69,0 | 125,0 | 201,0 | 298,0 | 420,0 |
| 5,5 | 2,4 | 5,4 | 11,0 | 25,0 | 37,0 | 73,0 | 132,0 | 212,0 | 315,0 | 443,0 |
| 6,0 | 2,5 | 5,7 | 11,3 | 26,0 | 38,0 | 76,0 | 138,0 | 222,0 | 330,0 | 465,0 |
| 6,5 | 2,6 | 6,0 | 12,0 | 27,2 | 40,0 | 80,0 | 144,0 | 232,0 | 345,0 | 485,0 |
| 7,0 | 2,7 | 6,2 | 12,4 | 28,2 | 42,0 | 83,0 | 150,0 | 242,0 | 360,0 | 505,0 |
| 7,5 | 2,9 | 6,4 | 13,0 | 29,3 | 43,0 | 86,0 | 156,0 | 252,0 | 372,0 | 525,0 |
| 8,0 | 3,0 | 6,6 | 13,3 | 30,2 | 45,0 | 89,0 | 162,0 | 260,0 | 387,0 | 545,0 |
| 9,0 | 3,2 | 7,1 | 14,2 | 32,5 | 48,0 | 95,0 | 172,0 | 277,0 | 411,0 | 580,0 |
| 10,0 | 3,4 | 7,6 | 15,1 | 33,3 | 51,0 | 101,0 | 182,0 | 293,0 | 433,0 | 615,0 |
| 11,0 | 3,6 | 7,9 | 15,9 | 36,2 | 54,0 | 106,0 | 192,0 | 310,0 | 458,0 | 647,0 |
| 12,0 | 3,8 | 8,4 | 16,4 | 38,0 | 56,0 | 111,0 | 202,0 | 323,0 | 480,0 | 680,0 |
| 13,0 | 3,9 | 8,8 | 17,5 | 39,8 | 59,0 | 116,0 | 212,0 | 331,0 | 500,0 | 705,0 |
| 14,0 | 4,1 | 9,1 | 18,2 | 41,3 | 61,0 | 121,0 | 220,0 | 350,0 | 520,0 | 740,0 |
| 15,0 | 4,3 | 9,5 | 19,0 | 43,0 | 63,0 | 125,0 | 228,0 | 365,0 | 540,0 | 765,0 |
| 16,0 | 4,4 | 9,8 | 19,7 | 44,5 | 66,0 | 110,0 | 236,0 | 378,0 | 560,0 | 793,0 |
| 17,0 | 4,5 | 10,1 | 20,3 | 46,0 | 68,0 | 134,0 | 244,0 | 390,0 | 580,0 | 820,0 |
| 18,0 | 4,7 | 10,5 | 21,0 | 47,5 | 70,0 | 138,0 | 252,0 | 402,0 | 597,0 | 845,0 |
| 19,0 | 4,9 | 10,8 | 21,7 | 49,0 | 72,0 | 142,0 | 260,0 | 413,0 | 615,0 | 870,0 |
| 20,0 | 5,0 | 11,1 | 22,2 | 50,3 | 74,0 | 146,0 | 268,0 | 425,0 | 630,0 | 895,0 |
| 22,0 | 5,3 | 11,7 | 23,4 | 53,0 | 78,0 | 154,0 | 280,0 | 449,0 | 665,0 | 940,0 |
| 24,0 | 5,5 | 12,3 | 24,6 | 55,5 | 82,0 | 161,0 | 295,0 | 469,0 | 697,0 | 990,0 |
| 26,0 | 5,8 | 12,8 | 25,7 | 58,0 | 85,0 | 168,0 | 308,0 | 490,0 | 725,0 | 1030,0 |
| 28,0 | 6,0 | 13,4 | 26,8 | 60,3 | 89,0 | 175,0 | 320,0 | 510,0 | 757,0 | 1070,0 |
| 30,0 | 6,2 | 13,9 | 27,6 | 62,7 | 92,0 | 182,0 | 332,0 | 530,0 | 785,0 | 1110,0 |
| 33,0 | 6,6 | 14,6 | 29,2 | 66,0 | 97,0 | 192,0 | 350,0 | 557,0 | 822,0 | 1170,0 |
| 36,0 | 6,9 | 15,3 | 30,8 | 69,5 | 101,0 | 201,0 | 368,0 | 585,0 | 865,0 | 1230,0 |
| 40,0 | 7,3 | 16,3 | 32,6 | 73,5 | 108,0 | 212,0 | 390,0 | 617,0 | 915,0 | 1300,0 |
| 45,0 | 7,8 | 17,3 | 34,8 | 78,0 | 114,0 | 227,0 | 415,0 | 657,0 | 975,0 | 1380,0 |
| 50,0 | 8,2 | 18,4 | 36,9 | 82,5 | 121,0 | 239,0 | 440,0 | 695,0 | 1030,0 | 1470,0 |
| 55,0 | 8,7 | 19,4 | 38,7 | 87,0 | 128,0 | 252,0 | 463,0 | 730,0 | 1080,0 | 1540,0 |
| 60,0 | 9,1 | 20,2 | 40,7 | 90,5 | 134,0 | 263,0 | 488,0 | 765,0 | 1140,0 | 1620,0 |
| 65,0 | 9,6 | 21,2 | 42,5 | 95,0 | 140,0 | 275,0 | 507,0 | 800,0 | 1190,0 | 1690,0 |
| 70,0 | 10,0 | 22,0 | 44,2 | 98,5 | 146,0 | 287,0 | 527,0 | 830,0 | 1240,0 | |
| 75,0 | 10,4 | 22,9 | 46,0 | 102,0 | 151,0 | 297,0 | 547,0 | 865,0 | 1280,0 | |
| 80,0 | 10,7 | 23,7 | 47,5 | 106,0 | 156,0 | 308,0 | 567,0 | 895,0 | | |
| 90,0 | 11,4 | 25,3 | 50,5 | 112,0 | 167,0 | 324,0 | 603,0 | 955,0 | | |
| 100,0 | 12,1 | 26,7 | 53,7 | 119,0 | 176,0 | 344,0 | 637,0 | | | |
| 110,0 | 12,8 | 28,1 | 56,5 | 125,0 | 185,0 | 363,0 | 667,0 | | | |
| 120,0 | 13,3 | 29,4 | 59,3 | 132,0 | 194,0 | 380,0 | | | | |
| 130,0 | 13,9 | 30,8 | 62,0 | 137,0 | 203,0 | 398,0 | | | | |
| 140,0 | 14,4 | 32,0 | 64,0 | 143,0 | 212,0 | 412,0 | | | | |
| 150,0 | 15,0 | 33,2 | 66,7 | 148,0 | 220,0 | 430,0 | | | | |
| 160,0 | 15,6 | 34,3 | 69,0 | 153,0 | 228,0 | | | | | |
| 170,0 | 16,0 | 35,5 | 71,0 | 159,0 | 236,0 | | | | | |
| 180,0 | 16,6 | 36,6 | 73,5 | 164,0 | 243,0 | | | | | |
| 190,0 | 17,0 | 37,8 | 75,5 | 168,0 | 250,0 | | | | | |
| 200,0 | 17,5 | 38,7 | 77,5 | 173,0 | 258,0 | | | | | |
| 220,0 | 18,4 | 40,9 | 81,5 | 182,0 | | | | | | |
| 240,0 | 19,3 | 42,8 | 84,5 | 192,0 | | | | | | |
| 260,0 | 20,1 | 44,7 | 89,0 | | | | | | | |
| 280,0 | 20,9 | 46,5 | 92,3 | | | | | | | |
| 300,0 | 21,7 | 48,1 | 96,0 | | | | | | | |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | |

TABLA N° 19
Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción
de Vapor a Baja Presión

| | Diámetros de las cañerías | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------------|------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 13 1/2" | 19 3/4" | 25 1" | 32 1 1/4" | 38 1 1/2" | 51 2" | 64 2 1/2" | 76 3" | 88 3 1/2" | 102 4" | 125 5" | 150 6" |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | | | | 3,9 | 5,8 | 12 | 22 | 35 | 51 | 74 | 132 | 217 |
| 0,6 | | | 1,9 | 4,3 | 6,5 | 13 | 24 | 38 | 57 | 82 | 145 | 239 |
| 0,7 | | | 2,1 | 4,7 | 7,1 | 14 | 26 | 42 | 62 | 89 | 159 | 261 |
| 0,8 | | | 2,2 | 5,1 | 7,6 | 15 | 28 | 45 | 67 | 95 | 172 | 281 |
| 0,9 | | 1,2 | 2,4 | 5,4 | 8,2 | 16 | 30 | 48 | 71 | 102 | 183 | 300 |
| 1,0 | | 1,3 | 2,6 | 5,8 | 8,7 | 17 | 32 | 51 | 75 | 109 | 194 | 318 |
| 1,2 | | 1,4 | 2,8 | 6,4 | 9,6 | 19 | 35 | 56 | 84 | 120 | 214 | 352 |
| 1,4 | 0,7 | 1,5 | 3,1 | 7,0 | 10,5 | 21 | 38 | 61 | 91 | 131 | 233 | 383 |
| 1,6 | 0,7 | 1,7 | 3,4 | 7,6 | 11,3 | 22 | 41 | 66 | 99 | 141 | 252 | 412 |
| 1,8 | 0,8 | 1,8 | 3,6 | 5,1 | 12,1 | 24 | 44 | 71 | 105 | 151 | 269 | 440 |
| 2,0 | 0,8 | 1,9 | 3,8 | 8,5 | 12,9 | 25 | 47 | 75 | 112 | 160 | 285 | 488 |
| 2,2 | 0,9 | 2,0 | 4,0 | 9,1 | 13,6 | 27 | 50 | 79 | 117 | 169 | 300 | 492 |
| 2,4 | 0,9 | 2,1 | 4,2 | 9,5 | 14,3 | 28 | 52 | 83 | 123 | 177 | 315 | 517 |
| 2,6 | 0,9 | 2,2 | 4,4 | 10,1 | 15,0 | 29 | 55 | 87 | 129 | 185 | 330 | 541 |
| 2,8 | 1,0 | 2,3 | 4,6 | 10,4 | 15,6 | 30 | 57 | 90 | 134 | 193 | 345 | 562 |
| 3,0 | 1,1 | 2,4 | 4,8 | 10,8 | 16,2 | 32 | 60 | 94 | 140 | 200 | 359 | 586 |
| 3,5 | 1,2 | 2,6 | 5,3 | 11,8 | 17,7 | 35 | 65 | 102 | 152 | 219 | 389 | 637 |
| 4,0 | 1,2 | 2,8 | 5,7 | 12,7 | 19,1 | 37 | 70 | 110 | 164 | 235 | 419 | 683 |
| 4,5 | 1,3 | 3,0 | 6,1 | 13,6 | 20,3 | 40 | 75 | 118 | 175 | 251 | 448 | 732 |
| 5,0 | 1,4 | 3,2 | 6,4 | 14,4 | 21,6 | 42 | 79 | 125 | 185 | 267 | 473 | 777 |
| 6,0 | 1,6 | 3,5 | 7,1 | 15,9 | 24,0 | 47 | 87 | 138 | 205 | 294 | 522 | 860 |
| 7,0 | 1,7 | 3,9 | 7,8 | 17,4 | 26,1 | 51 | 95 | 150 | 223 | 321 | 570 | 938 |
| 8,0 | 1,9 | 4,2 | 8,4 | 18,7 | 28,1 | 55 | 102 | 162 | 240 | 344 | 611 | 1005 |
| 9,0 | 2,0 | 4,4 | 8,9 | 20,0 | 30,0 | 59 | 109 | 173 | 256 | 368 | 653 | 1065 |
| 10,0 | 2,1 | 4,7 | 9,5 | 21,3 | 31,9 | 63 | 116 | 184 | 272 | 389 | 693 | |
| 12,0 | 2,3 | 5,2 | 10,5 | 23,6 | 35,2 | 69 | 128 | 203 | 300 | 430 | 764 | |
| 14,0 | 2,5 | 5,7 | 11,4 | 25,7 | 38,4 | 75 | 139 | 221 | 327 | 469 | | |
| 16,0 | 2,7 | 6,2 | 12,3 | 27,7 | 41,2 | 81 | 150 | 238 | 350 | 505 | | |
| 18,0 | 2,9 | 6,6 | 13,1 | 9,5 | 44,0 | 86 | 161 | 254 | 374 | | | |
| 20,0 | 3,1 | 7,0 | 13,9 | 31,3 | 46,7 | 92 | 170 | 269 | | | | |
| 22,0 | 3,3 | 7,4 | 14,9 | 33,0 | 49,1 | 97 | 179 | 283 | | | | |
| 24,0 | 3,4 | 7,7 | 15,4 | 34,5 | 51,5 | 101 | 188 | | | | | |
| 26,0 | 3,6 | 8,1 | 16,1 | 36,2 | 53,9 | 106 | 196 | | | | | |
| 28,0 | 3,8 | 8,4 | 16,7 | 37,8 | 56,2 | 110 | 204 | | | | | |
| 30,0 | 3,8 | 8,8 | 17,4 | 39,3 | 58,4 | 114 | | | | | | |
| 35,0 | 4,2 | 9,5 | 18,9 | 42,7 | 63,5 | 124 | | | | | | |
| 40,0 | 4,6 | 10,3 | 20,4 | 46,0 | 68,4 | | | | | | | |
| 45,0 | 4,9 | 10,9 | 21,8 | 49,1 | 73,0 | | | | | | | |
| 50,0 | 5,2 | 11,6 | 23,1 | 52,0 | 77,5 | | | | | | | |
| 60,0 | 5,7 | 12,8 | 25,6 | 57,5 | | | | | | | | |
| 70,0 | 6,3 | 13,9 | 27,8 | | | | | | | | | |
| 80,0 | 6,7 | 14,9 | 29,8 | | | | | | | | | |
| 90,0 | 7,2 | 15,9 | 31,7 | | | | | | | | | |
| 100,0 | 7,6 | 16,8 | | | | | | | | | | |
| R | Miles de calorías | | | | | | | | | | | |

| TABLA DE DIMENSIONES DE CAÑERÍAS DE CONDENSACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Díametro cañería de vapor mm. | 13 | 19 | 25 | 32 | 38 | 45 | 51 | 64 | 69 | 76 | 82 | 88 | 102 | 125 |
| Díametro cañería condensado mm. | 13 | 13* | 19* | 19* | 25 | 25 | 32 | 32 | 38 | 38 | 45 | 45 | 51 | 51 |

En tramos horizontales de considerable longitud y poca pendiente conviene adoptar para las cañerías el rango inmediato superior en previsión de obstrucciones por acumulación de barros, arenas, etc. Fundamentalmente en los valores indicados con asterisco.

En General los diámetros de las cañerías de retorno se toman 0,4 a 0,5 de las de vapor correspondiente para los tramos verticales, y de 0,7 para los horizontales (1 litro de agua a 4 °C = 1600 litros de vapor a 100 °C)

El diámetro mínimo de las cañerías de condensación debe ser de 13 mm

La pendiente mínima será de 1 ‰

DIAGRAMA PSICROMETRICO **CARRIER**

Presión: 760 mm de Hg

TBs : Temperatura de bulbo seco

TBh : Temperatura de bulbo húmedo

Ha : Humedad absoluta

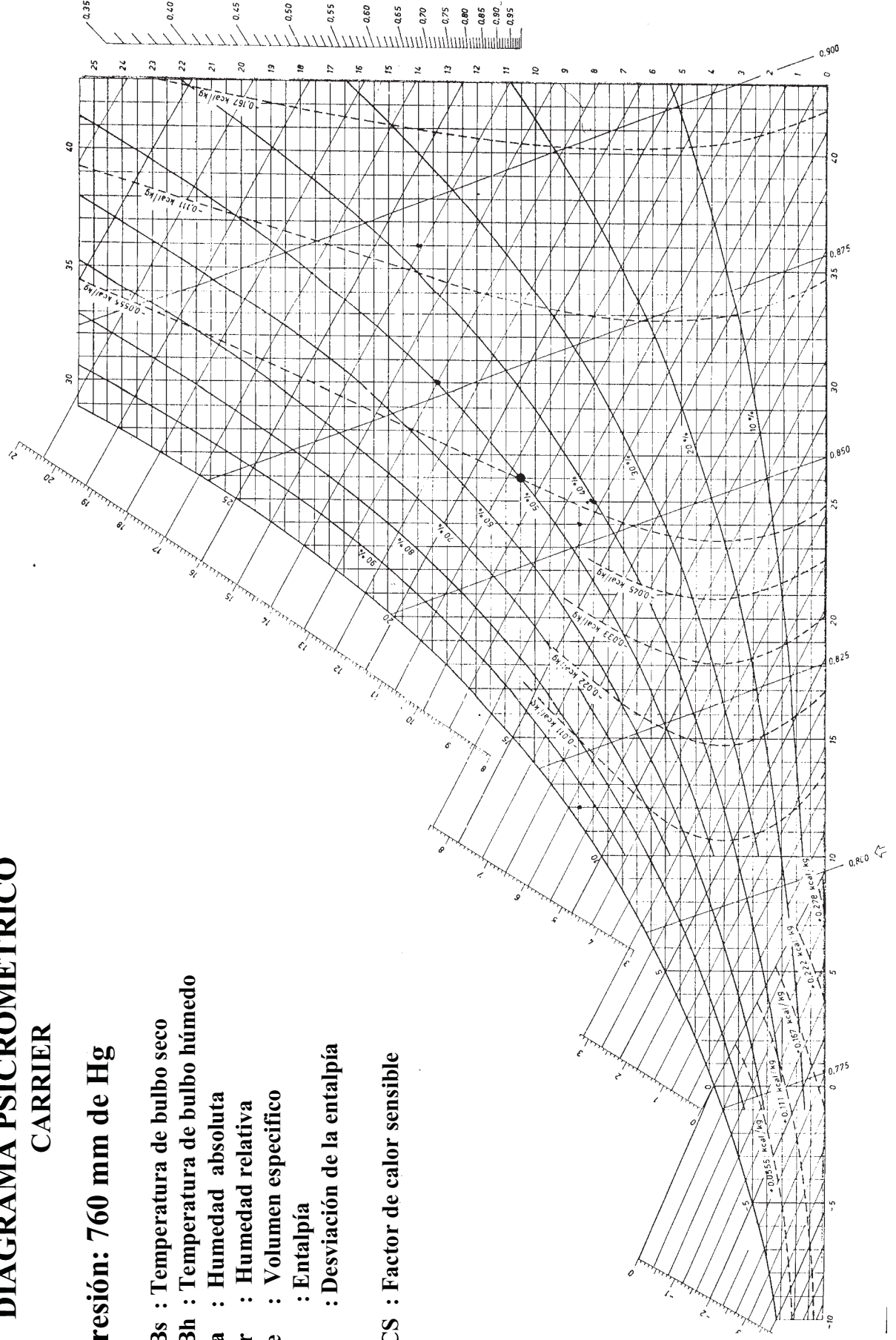
Hr : Humedad relativa

Ve : Volumen específico

J : Entalpía

d : Desviación de la entalpía

FCS : Factor de calor sensible



Bibliografía

1. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY - "Manual de Aire Acondicionado", Editorial Marcombo S.A., Barcelona, España, 1970.
2. PIZZETTI, CARLO - "Acondicionamiento del Aire y Refrigeración", Editorial Tamburini, España, 1971.
3. QUADRI- NÉSTOR PEDRO - "Instalaciones de Aire Acondicionado y Calefacción", Editorial Alsina, Argentina 2002.
4. QUADRI- NÉSTOR PEDRO - Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior.- Editorial Alsina.
5. MIRANDA, ANGEL LUIS - "Aire Acondicionado", Editorial Ceac S.A., 1997.
6. RAPIN, PIERRE - JACQUARD, PATRICK - "Formulario del Frío", Editorial Alfaomega, 2001.
7. AMURA, SUSANA ELENA - "Aire Acondicionado respetuoso de la estética y del ahorro energético", Libro de edición Argentina, Auspicio "York Argentina", 2002.
8. DE GIACOMI, ATILIO - BOTTO, RAÚL I. - DIAZ DORADO, MANUEL D. - TAPIA CARLOS F.- "Balance Térmico - Sistemas de Calefacción - Aire Acondicionado", Editorial Librería Técnica CP67, Argentina, 1967.
9. ALLEN, JOHN R. - WALKER, JAMES HERBERT - JAMES JOHN WILLIAN, "Calefacción y Acondicionamiento de Aire", Editorial Labor S.A., España, 1956.
10. GABRI, "Realización y entretenimiento de las instalaciones de calefacción, Editorial del Vecchi, S.A., Barcelona, España, 1972.
11. GAY, FAWCETT y MCGUINNES, "Instalaciones en los edificios, Editorial Gustavo" Gili S.A., Barcelona, España, 1964.
12. HAINES, R., "Sistemas de control para calefacción, ventilación y aire acondicionado", Editorial Marcombo, Barcelona, España, 1974.
13. HARRIS, NORMAN, "Equipos de aire acondicionado", Editorial Hasa, Buenos Aires, 1971.
14. KALLENBERG y SCHINK, Calefacción y ventilación, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1956.
15. MISSENARD, ANDRÉ, "Curso Superior de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire", Editorial Paraninfo, Madrid, España, 1963.12.
16. RIETSCHELL, RAISS, "Tratado de calefacción y acondicionamiento de aire", Editorial Labor, Barcelona, España, 1965.
17. SHOEMAKER, R., "Calefacción radiante", Editorial Hasa, Buenos Aires, 1964.
18. ASHRAE Handbook Fundamentals, Atlanta 1993
19. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea República Argentina.
20. Código de la Edificación de la Ciudad de Buenos aires
21. Norma IRAM - 11601 - República Argentina.
22. Norma IRAM 11603 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
23. Norma IRAM 11605 "Condiciones de habitabilidad en edificios" - República Argentina.
24. Norma IRAM 11630 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas.
25. Norma IRAM 11559 Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.
26. Norma IRAM 11659-1 - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración.
27. Norma IRAM 11659-2 Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas.
28. Norma IRAM 11564 Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de calor en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente con guarda, y de la caja caliente calibrada.
29. Norma IRAM 1739 - Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación.
30. Norma IRAM 62404 - Etiquetado de eficiencia energética para lámparas eléctricas para iluminación general.
31. Norma IRAM 62406 - Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire.
32. Norma IRAM 210001-1 - Colectores solares. Definiciones.
33. Norma IRAM 11900 - Etiquetado de eficiencia energética en edificios (En Estudio)
34. Ing. QUADRI - NÉSTOR PEDRO - Ahorro energético y aprovechamiento de la energía en la climatización de edificios.- Año 2008

35. Ing. QUADRI |- NÉSTOR PEDRO - conceptos básicos para el ahorro energético en Instalaciones de aire acondicionado
 36. Ing. QUADRI- NÉSTOR PEDRO – Ahorro energético y aprovechamiento de la energía en la climatización de edificios – Publicada revista Clima N° 214 octubre 2008.
 37. Rodolfo Fernández y Alfredo Carella - Conservación de energía en viviendas y edificios ESSO y la conservación de energía Buenos Aires, circa 1981.
 38. Ing. Cecilia Cavedo – Ing. Daniel Galilea - Area de Pensamiento de la CAC – Ahorro de energía en Refrigeración para viviendas en Argentina.– Año 2010
 39. Ing. Cecilia Cavedo – Ing. Daniel Galilea - Area de Pensamiento de la CAC – Eficiencia Energética. Año 2008.
 40. Dr. Ing. Alberto del Rosso – Ing. Andrés ghia - Hacia un diseño Energético eficiente de Una ciudad modelo.
 41. Estudio de Arquitectura GOP - Eficiencia energética: estrategias aplicadas en el nuevo Edificio de las Consejerías de Mérida.
 42. Informe patrocinado por Saunier Duval - Etiqueta energética en los aparatos de Aire Acondicionado.
 43. PPT - Ahorro de energía en Aire Acondicionado – Universidad de Cantabria
 44. PPT - Ahorro energético en edificios mediante cogeneración a pequeña escala - Foro Clima'09 Jornadas técnicas Climatización, IFEMA, 25 de febrero de 2009 - David Arzoz del Val Dr. Ing. Industrial BESEL S.A.
 45. PPT - ¿Qué es el diseño bioclimático? - Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), INCIHUSA - CRICYT - Mendoza, Argentina.
 46. PPT - Lossnay – Mitsubishi Electric
 47. PPT – Open Course Ware – UIB - Instalaciones energéticas
 48. PPT - ANASTASIO TUDELA PERIBAÑEZ - Eficiencia energética en Climatización
 49. PPT - Ing. Néstor Durango Padilla – UN - Uso de la energía solar para refrescar ambientes interiores
 50. PPT - NIRSEPES - Jornada Técnica Renovación Urbana y Rehabilitación Energética de Viviendas. Eficiencia energética a través de la rehabilitación de la envolvente térmica.
 51. PPT - Federico Hungler Salceda - Cogeneración: beneficios económicos, ambientales y eficiencia energética – Año 2007
 52. Catálogos Técnicos, “Carrier” – “Daikin”– “Surrey” – “York” – “Wirsbo - Pex” – “Trox” – “Roca” – “Mitsubishi Electric” – “Airflow”- “Ciarrapico Aerotecnica” – “Belimo” – “Terminal Aire” – “Climaver” – “Isotherma” -
 53. Revistas “Clima” – “La técnica del Frío”
- Apuntes de Cátedra “Instalaciones de edificios” FIUBA – Publicados por el CEI
54. FALSÍA MARI, CARLOS - “Instalación de calefacción por paneles radiantes”
 55. DÍAZ, VICTORIO – BERRA, DANIEL -“Distribución de aire”
 56. CONTINI, CARLOS - “Energía solar”
 57. BARRENECHE, RAÚL - DÍAZ, VICTORIO – “Balance térmico invierno – verano”
 58. DÍAZ, VICTORIO – BERRA, DANIEL – “Instalaciones termomecánicas - selección de sistemas”
 59. DÍAZ, VICTORIO – “Psicrometría - Carga de refrigeración”
 60. BARRENECHE, RAÚL - DÍAZ, VICTORIO - “Componentes de las instalaciones de calefacción”
 61. BARRENECHE, RAÚL - DÍAZ, VICTORIO - Componentes de las instalaciones de aire acondicionado

INDICE GENERAL DE LA OBRA

| | |
|--|--------|
| PROLOGO | 7 |
| INTRODUCCIÓN | 9 y 10 |
| PARTE I “PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL EDIFICIO A ACONDICIONAR PARA CONFORT” | |
| CAPÍTULO I | |
| “PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL EDIFICIO A ACONDICIONAR PARA CONFORT” | |
| I.1 Introducción | 13 |
| I.2 Ubicación – condiciones exteriores e interiores | 13 |
| I.3 Forma y orientación del edificio | 14 |
| I.4 Aislación y hermeticidad | 16 |
| I.5 Funcionamiento térmico del edificio | 19 |
| I.6 Protecciones pasivas | 20 |
| I.7 Destino de los locales – zonificación | 22 |
| I.8 Normas | 23 |
| I.9 Envolvente – Oscurecimiento | 23 |
| I.10 Instalaciones térmicas | 24 |
| I.11 Conclusión | 25 |
| PARTE II “PROYECTO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO PARA CONFORT” | |
| CAPITULO II | |
| GENERALIDADES | |
| II.1 Introducción | 29 |
| II.2 Calor | 29 |
| Intensidad de calor - Temperatura: | 29 |
| Centígrada o Celsius | 30 |
| Cantidad de calor | 30 |
| Calor específico | 30 |
| Kilocaloría | 30 |
| II.3 Calor sensible | 30 |
| II.4 Calor latente | 31 |
| II.5 Entalpía | 32 |
| II.6 Composición del aire | 32 |
| Cuadro 1: Composición del aire seco | 33 |
| II.7 Propiedades del aire seco | 33 |
| Volumen específico del aire seco | 33 |
| Calor específico del aire seco | 34 |
| Entalpía del aire seco | 34 |
| II.8 Propiedades del vapor de agua | 34 |
| Volumen específico del vapor de agua | 34 |
| Calor específico del vapor de agua | 34 |
| Entalpía del vapor de agua | 34 |
| II.9 Transmisión del calor | 35 |
| Transmisión de calor por convección | 35 |
| Transmisión de calor por conducción | 36 |
| Transmisión de calor por radiación | 37 |
| II.10 Transferencia total de calor a través de un muro – coeficientes | 38 |
| Coeficiente total de transmisión de calor –K | 40 |
| Ejemplo | 41 |

CAPITULO III

“PSICOMETRÍA - EL DIAGRAMA DEL AIRE HÚMEDO”

| | |
|--|----|
| III.1 Introducción | 43 |
| III.2 Psicometría | 43 |
| III.3 Propiedades del aire | 43 |
| Temperatura de Bulbo Seco (TBS) | 43 |
| Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH) | 43 |
| Humedad Específica o Absoluta (Ha) | 44 |
| Humedad Relativa (HR) | 44 |
| Volumen Específico (Ve) | 45 |
| Aire Saturado | 45 |
| Punto de Rocío (PR) | 45 |
| III.4 Descripción y utilización del diagrama psicométrico | 45 |
| Construcción del diagrama psicométrico | 45 |
| Líneas de humedad relativa constante | 46 |
| Líneas de temperatura de bulbo húmedo constante | 47 |
| Líneas de volumen específico constante | 47 |
| Escala de las entalpías de saturación | 48 |
| Diagrama psicométrico Carrier | 49 |
| Consideraciones: | 50 |
| Escala de factor de calor sensible | 50 |
| III.5 Operaciones básicas en aire acondicionado | 51 |
| Mezcla de dos caudales de aire húmedo | 52 |
| Calentamiento sensible | 54 |
| Enfriamiento sin deshumidificación (enfriamiento sensible) | 55 |
| Enfriamiento con deshumidificación | 56 |
| Calentamiento con humidificación | 59 |

CAPITULO IV

“SENSACION DE BIENESTAR – INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE”

| | |
|-------------------------------------|----|
| IV.1 Introducción | 61 |
| IV.2 Confort homeotérmico | 61 |
| Temperatura del medio ambiente | 62 |
| Humedad relativa del aire | 63 |
| Velocidad del aire – Circulación | 63 |
| Ventilación y purificación del aire | 63 |
| Ruido | 63 |
| IV.3 Temperatura efectiva | 63 |
| IV.4 Condiciones de bienestar | 64 |

CAPITULO V

CONDICIONES DE DISEÑO - ESTUDIO DE CARGAS TÉRMICAS

| | |
|--|----|
| V.1 Introducción | 67 |
| V.2 Condiciones de diseño de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado | 67 |
| Condiciones de diseño exterior | 67 |
| Condiciones de diseño interior | 67 |
| V.3 Estudio de las cargas térmicas de las instalaciones de aire acondicionado | 69 |
| V.4 Clasificación de las cargas | 69 |
| V.5 Análisis de las cargas de acondicionamiento | 69 |
| Carga térmica ciclo invierno- Calefacción | 69 |
| Carga térmica ciclo verano - Refrigeración | 69 |
| V.6 Carga térmica ciclo invierno | 69 |
| 1) Cantidad de calor a suministrar por pérdidas por transmisión cerramientos: | 70 |
| Suplemento por orientación (Qo) | 71 |

| | |
|---|-----|
| 2) Cantidad de calor a suministrar por pérdida por infiltración del aire exterior | 72 |
| Filtración de aire | 72 |
| Pérdida de calor sensible por infiltración de aire exterior | 73 |
| Pérdida de calor latente por infiltración de aire exterior | 73 |
| Cálculo del volumen del aire infiltrado | 74 |
| a) Método de las hendiduras | 74 |
| b) Método de las renovaciones de aire | 75 |
| Estratificación del calor | 75 |
| Suplementos debidos a la intermitencia o reducción nocturna del servicio | 75 |
| Caudal y temperatura del aire introducido en el ambiente | 77 |
| V.6 Procedimiento a seguir para determinar la carga de calefacción | 78 |
| Ejemplo Balance térmico para calefacción | 78 |
| V.7 Carga de refrigeración en verano | 82 |
| Unidades | 83 |
| Frigorías/hora | 83 |
| Toneladas de refrigeración | 83 |
| V.7.1 Ganancia de calor por radiación solar | 83 |
| 1.1) Ganancias por radiación solar a través de las superficies de vidrio | 85 |
| Radiación solar a través del vidrio común | 85 |
| Factores de reducción de la radiación solar a través del vidrio | 86 |
| 1.2) Ganancias de calor por radiación solar y transmisión del calor a través de muros exteriores y techos | 87 |
| Correcciones que deben aplicarse a las tablas N° 9 | 88 |
| Sombras proyectadas por los salientes de la ventana y edificios adyacentes | 89 |
| Acumulación de calor radiante en las estructuras de los edificios | 94 |
| V.7.2 Ganancias de calor por transmisión | 96 |
| V.7.3 Ganancia de calor por aire exterior | 97 |
| Calor sensible del aire seco exterior | 97 |
| Calor, latente del aire exterior | 98 |
| Cálculo del caudal de aire exterior | 99 |
| a) Método de los porcentajes de aire | 99 |
| b) Método renovaciones horarias o caudales de aire mínimo por persona | 99 |
| c) Método contenido máximo de anhídrido carbónico | 100 |
| d) Método de temperatura límite | 100 |
| V.7.4 Ganancias interiores de calor | 101 |
| Ganancias de calor por los ocupantes | 101 |
| Ganancias de calor por iluminación | 101 |
| Ganancias de calor por motores | 102 |
| Ganancias de calor por otras fuentes | 103 |
| V.7.5 Adicional a las ganancias de calor sensible y latente del local | 103 |
| Ganancias por fugas de aire en los conductos de impulsión | 105 |
| Ganancias en el ventilador | 105 |
| Por seguridad del sistema | 105 |
| V.8 Procedimiento de cálculo de las cargas de refrigeración | 106 |
| 1) Condiciones de diseño – Exteriores – Interiores | 106 |
| 2) Cargas externas | 106 |
| 2.1 Ganancias por radiación | 106 |
| Ganancias de calor por la radiación solar a través de ventanas, claraboyas o lucernarios | 106 |
| Ganancias de calor por radiación y transmisión de calor a través de Paredes exteriores y techos | 106 |
| 2.2 Ganancias por transmisión | 107 |
| Ganancias de calor por transmisión de calor a través de Ventanas, claraboyas, lucarnas, paredes y techos interiores | 105 |
| 2.3 Ganancia de calor por la incorporación de aire exterior | 107 |
| 3) Ganancias de calor por cargas internas | 108 |
| Ganancia por ocupantes | 108 |

| | |
|--|-----|
| Ganancias por iluminación | 108 |
| Ganancia por cargas térmicas de motores eléctricos | 108 |
| Ganancias de calor por otras fuentes | 108 |
| 4) Adicionales | 108 |
| Ejemplo Balance térmico para refrigeración | 109 |

CAPITULO VI

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNDAMENTALES PARA UNA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN

| | |
|--|-----|
| VI.1 Introducción | 113 |
| VI.2 Conceptos | 113 |
| Factor de calor sensible (FCS) | 113 |
| Factor de calor sensible del local (FCSL) | 113 |
| Factor de calor sensible total (FCST) | 113 |
| Factor de By Pass (FB) | 113 |
| Punto de rocío del aparato (PRA) | 113 |
| Factor de calor sensible efectivo (FCSE) | 114 |
| VI.3 Descripción del proceso de refrigeración | 115 |
| VI.4 Cálculo de los parámetros fundamentales | 118 |
| Determinación de la temperatura de rocío de la unidad acondicionadora de aire, PRA, t5 | 119 |
| Determinación del caudal de aire de mando, CaM | 120 |
| Determinación del caudal de aire de retorno, CaR | 120 |
| Determinación de la temperatura del aire a la entrada de la unidad acondicionadora de aire, t3 | 120 |
| Determinación de la temperatura del aire a la salida de la unidad acondicionadora de aire, t4 | 121 |
| Determinación del factor de calor sensible total | 121 |
| Determinación de la potencia frigorífica de la unidad acondicionadora de aire, N _R | 121 |
| VI.5 Ejemplo - Edificio Consultora S.A. – Local Estudio | 122 |

CAPITULO VII

SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO – SELECCIÓN

| | |
|--|-----|
| VII.1 Introducción | 133 |
| VII.2 Sistema de aire acondicionado | 133 |
| VII.3 Instalaciones de calefacción | 133 |
| VII.4 Instalaciones de ventilación mecánica – Circulación forzada | 135 |
| VII.5 Instalaciones de refrigeración | 135 |
| VII.6 Instalaciones de aire acondicionado | 135 |
| 1 - Planta térmica | 138 |
| Ciclo de calefacción | 138 |
| Ciclo de refrigeración | 138 |
| 2 - Planta de tratamiento | 140 |
| 3 – Canalizaciones | 140 |
| 4 - Equipos terminales | 140 |
| VII.7 Clasificación de los sistemas de aire acondicionado | 140 |
| VII.8 Selección de sistemas | 142 |
| 1) Factores constructivos | 142 |
| 2) Características de cada sistema | 143 |
| Instalación de calefacción | 143 |
| 1- Calefacción por agua caliente – Ventajas –Desventajas | 143 |
| 2- Calefacción por vapor a baja presión – Ventajas –Desventajas | 144 |
| 3- Calefacción por aire caliente circulación forzada – Ventajas –Desventajas | 145 |
| 4- Calefacción por paneles radiantes – circulación forzada – Ventajas –Desventajas | 146 |

| | |
|--|-----|
| Instalación de aire acondicionado | 147 |
| 1- Sistema individual – Expansión directa – Ventajas –Desventajas | 147 |
| 2- Sistema central – Expansión directa – Ventajas –Desventajas | 148 |
| 3- Sistema mixto – Sistema de refrigerante variable (VRV) – Expansión directa – Ventajas –Desventajas | 149 |
| 3- Sistema mixto – Expansión indirecta – Ventajas –Desventajas | 150 |
| VII.9 Conveniencia de utilización entre un sistema central y uno individual | 151 |
| VII.10 Aplicaciones | 151 |
| Locales de vivienda | 151 |
| Establecimientos de restaurantes, cafeterías, comedores y bares | 152 |
| Salas de espectáculos y reuniones | 152 |
| Tiendas | 152 |
| Iglesias, teatros y salas de música | 152 |
| Edificios de oficinas | 153 |
| Locales de comercio | 153 |
| Hospitales | 154 |
| Escuelas y establecimientos de enseñanza | 154 |
| Laboratorios | 154 |
| Aplicaciones - Sistema de acondicionamiento recomendado | 156 |

CAPITULO VIII

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

| | |
|--|-----|
| VIII.1 Introducción | 157 |
| VIII.2 Componentes de un sistema de aire acondicionado | 157 |
| VIII.3 Planta térmica | 157 |
| A- Planta térmica de calefacción | 157 |
| 1- Calderas | 158 |
| Clasificación | 158 |
| 1- Calderas para sistemas de calefacción centrales o mixtos | 159 |
| A) Calderas Seccionales | 159 |
| B) Calderas Tubulares | 160 |
| B-1) Humotubulares | 160 |
| B-2) Acuotubulares | 162 |
| C) Calderas de hogar presurizado | 163 |
| 2) Calderas para sistema individual - compactas integrales | 164 |
| a) Calderas tipo calefón | 165 |
| b) Calderas tipo cocina | 165 |
| Rendimientos | 166 |
| Aislaciones de calderas, tanque intermediarios, cañerías de calefacción en sala de maquinas | 166 |
| 2. Quemadores | 168 |
| Quemador automático de gas | 168 |
| Quemador automático para combustible liviano - (Gasoil, o Diesel-oil) | 169 |
| 3. Controles | 170 |
| 3.1 Calderas de agua caliente | 170 |
| 1) Termómetros (lectura visual) y Termostatos (automático) | 171 |
| 2) Hidrómetro (visual) y acuostato (automático) | 171 |
| 3.2 Calderas de vapor a baja presión | 171 |
| 1) Hidrómetro (visual) | 171 |
| 2) Manómetro de resorte (visual) y Presóstats (automático) | 171 |
| 3) Silbato de alarma | 171 |
| 4) Válvula de seguridad | 171 |
| Conexión Hartford | 172 |
| 4. Abastecimiento de combustible | 173 |
| Combustible líquido | 173 |
| Combustible gas natural y envasado | 175 |
| 5. Conducto de evacuación de los productos de combustión | |

| | |
|---|-----|
| para calefacción | 175 |
| Altura de las chimeneas | 175 |
| Ubicación de las chimeneas | 175 |
| B- Planta térmica de refrigeración | 176 |
| B.1) Refrigeración mecánica o Ciclo de Compresión | 176 |
| 1) Compresores | 178 |
| a) Compresores alternativo | 180 |
| b) Compresores centrífugos | 180 |
| c) Compresor axihelicoidal | 180 |
| d) Compresores rotativos | 181 |
| 2) Condensador, con su fluido de enfriamiento | 182 |
| b-1) Condensadores enfriados por aire | 182 |
| b-2) Condensadores por agua | 183 |
| Torre de enfriamiento | 185 |
| b.3) Condensador evaporativo | 187 |
| 3) Dispositivos de expansión del refrigerante | 187 |
| 3-a) Expansionadores capilares - Tubo capilar | 187 |
| 3-b) Válvula de expansión | 188 |
| 4) Evaporadores | 189 |
| Refrigerante | 190 |
| B.2) Ciclo de absorción | 191 |
| Equipos de refrigeración por absorción | 192 |
| B.3) Dispositivos de regulación | 193 |
| Termostatos | 194 |
| 1. Termostatos de ambiente | 194 |
| 2. Termostatos de evaporadores | 194 |
| 3. Termostatos para líquidos | 194 |
| Presostatos | 194 |
| a) Presostatos de regulación | 194 |
| b) Presostatos de seguridad | 194 |
| Presostatos combinados de alta y baja presión | 195 |
| Presostato combinado | 195 |
| Presostatos diferenciales | 195 |
| Humidostatos | 195 |
| VIII.4 Canalizaciones – Cañerías | 195 |
| Cañerías de calefacción | 195 |
| Cañerías de Hierro negro | 196 |
| Cañerías de latón | 196 |
| Cañerías de Polipropileno | 196 |
| Cañerías de Polietileno reticulado | 197 |
| Dilataciones | 197 |
| Aislaciones de cañerías | 198 |
| Cañerías de refrigerante | 199 |
| VIII.5 Planta de tratamiento – Sistema central | 199 |
| 1) Rejas y persianas de aire exterior | 200 |
| 2) Equipos para la purificación del aire | 201 |
| Purificación fisicoquímica | 201 |
| Filtros de baja eficiencia | 202 |
| Filtros metálicos secos | 202 |
| De fibra sintética | 203 |
| Filtros de lana de vidrio | 203 |
| Filtros de carbon activado | 204 |
| Filtros de mediana eficiencia | 204 |
| Metálicos viscosos | 204 |
| Plisados | 205 |
| Filtros electrónicos | 205 |
| Filtros de alta eficiencia | 205 |
| Plisados rígidos | 206 |

| | |
|--|-----|
| De bolsa | 206 |
| Filtros absolutos | 206 |
| Selección de filtros | 207 |
| Tabla para seleccionar el filtro más adecuado | 208 |
| Purificación biológica del aire | 209 |
| 3) Dispositivos de calefacción | 210 |
| Serpentines o baterías calefactoras | 210 |
| Calentadores eléctricos | 210 |
| Calentadores de gas combustible | 210 |
| 4) Dispositivo de refrigeración – Evaporadores - (Batería o Serpentina enfriadora) | 211 |
| 5) Humidificadores y Separadores de gotas (Rociadores y Eliminadores) | 211 |
| Humidificadores de bandeja con serpentín de calentamiento | 211 |
| Humidificadores de vapor | 211 |
| Humidificadores de pulverización | 211 |
| Humidificadores de filtro húmedo | 212 |
| Bypass del aire | 212 |
| 6) Ventiladores | 212 |
| 1) Ventilador centrífugo | 212 |
| Palas curvadas hacia adelante | 213 |
| Palas curvadas hacia atrás | 214 |
| Palas radiales | 214 |
| Ventiladores axiales | 215 |
| Criterio de selección de ventiladores | 215 |
| 7) Carcaza de la cámara de acondicionamiento | 216 |
| VIII.6 Canalizaciones – Red de conductos – Conductos | 216 |
| Red de conductos | 216 |
| Materiales | 216 |
| Conducto chapa de hierro galvanizada | 216 |
| Conducto de fibra de vidrio | 217 |
| Conductos de lana de vidrio | 217 |
| Conductos de mampostería | 218 |
| Conducto de chapa de aluminio | 218 |
| Uniones | 218 |
| Aislaciones | 219 |
| VIII.7 Equipos terminales – Sistema de distribución por red de conductos | 220 |
| Función | 220 |
| Rejas y Difusores de alimentación | 220 |
| Rejas y Difusores de retorno | 221 |
| Rejas de toma de aire exterior | 221 |
| Rejas o difusores de expulsión | 222 |
| Difusores de alimentación y retorno combinados | 222 |
| Ubicación | 223 |
| Rejas de pared | 223 |
| Rejas de piso | 223 |
| Rejas de techos | 223 |
| Construcción | 223 |
| Rejas y difusores de chapa de hierro negro | 223 |
| Rejas y difusores de aluminio | 223 |
| Regulación | 223 |
| Rejas y difusores sin regulación | 223 |
| Rejas y difusores con simple regulación | 224 |
| Rejas con doble regulación | 224 |

CAPITULO IX

DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

| | |
|---|-----|
| IX.1 Introducción | 225 |
| IX.2 Impulsión del aire en el ambiente | 225 |
| IX.3 Principios a considerar en un proyecto de distribución del aire | 228 |
| 1. Estudio de planos | 228 |
| 2. Elección del tipo de distribución | 228 |
| 3. Selección de equipos terminales | 228 |
| Forma – Rejas – Difusores | 228 |
| Distancia – Rejas – Difusores | 229 |
| Alcance – Rejas – Difusores | 230 |
| Inducción | 231 |
| Separación – Rejas – Difusores | 232 |
| Caída | 233 |
| Caudal de aire | 233 |
| Valores máximos admisibles de nivel sonoro en db(a) | 233 |
| Velocidad de inyección y retorno – Rejas – Difusores | 234 |
| Ubicación de equipos terminales | 235 |
| Ubicación equipos terminales de impulsión | 235 |
| Rejas próximas al techo con impulsión horizontal | 235 |
| Difusores | 235 |
| Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical y sin difusión | 236 |
| Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión vertical, con difusión | 236 |
| Rejas ubicadas en el Suelo con impulsión horizontal | 236 |
| Ubicación equipos terminales de retorno | 237 |
| Espacio a acondicionar | 238 |
| A) Departamentos, Hoteles y Edificios de oficinas | 239 |
| 1. Suministro desde pasillo-Sin radiación directa | 239 |
| 2. conducto encima de ventana con impulsión hacia el pasillo | 239 |
| B) Bancos | 239 |
| C) Grandes almacenes | 240 |
| D) Restaurantes | 240 |
| E) Establecimientos comerciales | 241 |
| 1. Rejas de impulsión hacia la salida, ubicadas en el fondo del local | 241 |
| 2. Rejas de impulsión arriba de las puertas de salida | 241 |
| 3. Rejas de impulsión en cada extremo | 241 |
| 4. Rejas de impulsión ubicadas en el centro del local, con impulsión hacia los extremos | 241 |
| 5. Rejas de impulsión ubicadas a lo largo de la pared lateral | 242 |
| 6. Difusores | 242 |
| F) Teatros y Cines | 242 |
| 1. Sistema de inyección para teatros y cines chicos, sin anfiteatros | 242 |
| 2. Sistema de eyección para teatros grandes, con anfiteatro | 242 |
| 4. Red de conductos | 243 |
| Espacios disponibles para el pasaje de conductos | 243 |
| Velocidades admisibles del aire | 243 |
| Niveles de ruido tolerados | 244 |
| Pérdidas o ganancias de calor a través de los conductos | 244 |
| Fugas de aire | 244 |
| Pérdidas por fricción | 245 |
| Secciones a adoptar | 245 |
| Trazado de la red | 245 |
| Consideraciones a tener en cuenta en el tendido de conductos | 247 |
| Regulación del aire | 249 |
| Cortafuegos | 250 |
| Compuertas de acceso | 250 |
| Amortiguadores de sonido | 250 |
| Juntas de lona | 251 |
| Efecto techo | 251 |

CAPITULO X

DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

| | |
|---|-----|
| X.1 Introducción | 253 |
| X.2 Dimensionamiento de la planta térmica | 253 |
| X.2.1 Planta térmica de calefacción | 253 |
| Dimensionamiento de la Caldera | 253 |
| Dimensionamiento del quemador | 254 |
| Dimensionamiento del conducto para la evacuación de los productos de combustión | 254 |
| Dimensionamiento del tanque de combustible | 254 |
| Dimensionamiento de las cañerías de combustible | 255 |
| Dimensionamiento de la alimentación del quemador a gas | 256 |
| Dimensionamiento del pozo de enfriamiento de la caldera | 256 |
| Sistema calefacción por agua caliente | 257 |
| Altura mínima de la sala de maquinas | 257 |
| Calefacción por vapor a baja presión | 258 |
| Altura mínima de la sala de maquinas (sin instalación de agua caliente central) | 258 |
| Altura mínima de la sala de maquinas (con instalación de agua caliente central) | 258 |
| X.2.2 Planta térmica de refrigeración | 259 |
| X.3 Dimensionamiento de la planta de tratamiento | 259 |
| Planta de Tratamiento | 260 |
| Panel de filtros | 260 |
| Batería de refrigeración | 260 |
| Batería de calefacción | 261 |
| Ventilador | 261 |
| X.4 Dimensionamiento de la red de conductos de baja velocidad | 262 |
| 1. Dimensionamiento de los conductos por el método de reducción de velocidad | 263 |
| Velocidades recomendadas y máximas para sistemas de baja velocidad m/min | 263 |
| Las pérdidas por rozamiento | 264 |
| Pérdidas localizadas o accidentales | 264 |
| 2. Dimensionamiento de los conductos por el método de igualdad de pérdida por rozamiento o pérdida de carga constante | 264 |
| Diagrama Pérdida por rozamiento de aire en los conductos circulares | 266 |
| 3. Dimensionamiento de los conductos por el método de recuperación estática | 267 |
| Diagrama para determinar la relación L/Q | 268 |
| Diagrama de la recuperación de presión estática para determinar la velocidad después de una derivación | 269 |
| X.5 Dimensionamiento de los equipos terminales – Rejas – Difusores | 270 |
| X.6 Cálculo de una red de conductos | 273 |
| Metodo de perdida por rozamiento constante | 274 |
| Metodo recuperación constante | 278 |
| Comparación del método de Recuperación estática con el de Pérdida de carga constante | 281 |

CAPITULO XI

SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

| | |
|--|-----|
| XI.1 Introducción | 283 |
| XI.2 Clasificación de los sistemas | 283 |
| XI.3 Sistemas de expansión directa | 284 |
| 1) Sistemas individuales | 284 |
| 1.1) Equipo individual de ventana o muro | 284 |
| Equipo individual tipo consola | 287 |
| 1.2) Equipo individual tipo separado o split – systems | 287 |

| | |
|---|-----|
| Unidad condensadora multiambiente | 289 |
| Equipos Portátiles | 290 |
| 1.3) Equipos autocontenidos compactos | 291 |
| Equipo acondicionador autocontenido - Condensación por aire | 291 |
| Equipos acondicionadores autocontenidos con condensación por agua | 292 |
| Acondicionadores exteriores o de cubierta ROOF-TOP, enfriados por aire | 292 |
| 2) Sistemas centrales | 293 |
| 2.1) Sistema central de volumen constante de aire – VAC – Todo aire | 295 |
| a) Instalación con regulación de la batería de refrigeración de expansión directa | 296 |
| b) Instalación de expansión directa con by-pass del aire de recirculación | 296 |
| c) Instalación de expansión directa con postcalentamiento | 297 |
| 2.2 Sistema central de volumen variable de aire – VAV – Todo aire | 298 |
| Sistema volumen y temperatura variable – Carrier | 300 |
| 3. Sistema devolumen de refrigerante variable – VRV | 300 |
| Consideraciones sobre unidades interiores | 305 |
| XI.4 Sistema de expansión indirecta - sistemas mixtos | 307 |
| 4.1 Sistemas “todo agua” Fan-Coil individuales | 307 |
| 4.2 Sistemas “agua aire” - Inducción | 309 |
| Sistema de unidades compactas con conductos – Fan Coil centrales | 312 |

CAPITULO XII

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL POR AGUA CALIENTE Y VAPOR A BAJA PRESIÓN

| | |
|--|-----|
| XII.1 Introducción | 315 |
| XII.2 Sistemas de calefacción central por agua caliente | 315 |
| XII.3 Sistemas de calefacción central por vapor a baja presión | 316 |
| XII .4 Equipos terminales de calefacción sistema agua caliente o vapor a baja presión | 316 |
| 1. Radiadores | 317 |
| Transmisión del calor al ambiente de los radiadores | 320 |
| 2. Convectores | 321 |
| 3. Caloventiladores | 323 |
| 4. Radiador de zócalo | 323 |
| XII .5 Red de cañerías y accesorios del sistema de calefacción central de agua caliente y vapor a baja presión | 324 |
| Red de cañerías, sistema de agua caliente y vapor a baja presión | 324 |
| 1) Calefacción central por agua caliente | 325 |
| 1.2) Clasificación | 326 |
| A-1) Circulación natural | 326 |
| A-2) Circulación forzada o por bomba | 327 |
| B-1) Instalaciones de baja presión | 327 |
| B-2) Instalaciones de media y alta presión | 327 |
| 1.3) Características técnicas de la instalación | 327 |
| Instalación de calefacción central por agua caliente | 327 |
| Circulación natural | 327 |
| Circulación forzada | 331 |
| Instalación monotubular | 332 |
| 2) Calefacción por vapor | 333 |
| 2.1) Características técnicas de la instalación | 334 |
| 2.2) Instalación de calefacción central por vapor a baja presión | 335 |
| XII.6 Dimensionamiento de la instalación | 342 |
| Calefacción por agua caliente | 342 |
| Dimensionamiento del Vaso de expansión | 342 |
| Canalizaciones | 342 |
| Sistema de agua caliente por circulación natural (o por termosifón) | 342 |
| Procedimiento de cálculo | 343 |
| Tabla de Resistencia al paso de fluidos | 336 |

| | |
|--|-----|
| Sistema de agua caliente por circulación forzada | 347 |
| Sistema de calefacción de vapor a baja presión | 347 |

CAPITULO XIII

CALEFACCIÓN POR PANELES RADIANTES – CALEFACCIÓN POR AIRE CALIENTE

| | |
|---|-----|
| XIII.1 Introducción | 349 |
| XIII.2 Calefacción por paneles radiantes | 349 |
| Intercambio de Energía térmica con el medio | 350 |
| Criterios de elección - Ventajas – Desventajas | 351 |
| 1) Serpentinadas | 352 |
| Materiales | 352 |
| Formas de las serpentinas | 353 |
| Características según la ubicación de las serpentinas | 357 |
| Análisis de las distintas posibilidades de colocación | 358 |
| Criterios para la ubicación de serpentinas | 362 |
| Uniones | 365 |
| Dilatadores | 365 |
| Prueba hidráulica | 366 |
| 2) Sistemas de control | 366 |
| 1. Sistema todo o nada | 366 |
| 2. Sistema todo o nada con circulación forzada | 367 |
| 3. Sistema con control anticipado o con regulador de acción exterior | 367 |
| 4. Sistema simplificado | 369 |
| Sistema individual | 369 |
| 3) Procedimiento de cálculo | 371 |
| Temperatura media del local | 371 |
| Temperatura de radiación media o temperatura media interior de cerramientos | 371 |
| Grafico: Temperatura para los cerramientos externos | 371 |
| Temperatura de radiación media de los cerramientos | 372 |
| Temperatura del Panel radiante | 372 |
| Grafica: Temperatura del panel radiante | 373 |
| Temperatura de radiación media del local | 373 |
| Dimensionamiento de las serpentinas | 373 |
| Separación entre ramas del serpentín | 375 |
| Cañerías de montantes y retornos y bombas de circulación | 375 |
| Cantidad de agua a circular | 375 |
| XIII.3 Instalaciones de calefacción por aire caliente | 376 |
| Circulación natural del aire | 376 |
| Circulación forzada del aire | 376 |
| 1) Cálculo del equipo de aire caliente | 378 |

PARTE III “EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA - ANÁLISIS DE INVERSIONES”

CAPITULO XIV

PAUTAS DE EFICIENCIA Y USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

| | |
|---|-----|
| XIV.1 Introducción | 381 |
| XIV.2 Influencia de las cargas térmicas | 381 |
| XIV.3 Eficiencia de equipos de aire acondicionado | 383 |
| XIV.4 Tecnologías aplicadas para mejorar la eficiencia energética | 390 |
| a) Tecnología solar | 390 |
| Sistemas pasivos | 390 |
| Sistemas Activos | 392 |
| Circulación por termosifón | 392 |
| Circulación forzada | 392 |

| | |
|---|-----|
| 1) Sistema de captación solar | 393 |
| Colector Solar | 393 |
| El colector de vacío | 393 |
| Los colectores simplificados | 395 |
| Rendimiento de los Colectores | 395 |
| Ubicación | 395 |
| Orientación | 396 |
| 2) El grupo de transferencia | 397 |
| 3) Unidad de almacenamiento | 397 |
| 4) Aplicaciones de la energía solar en instalaciones de acondicionamiento del aire | 399 |
| Sistema de apoyo | 399 |
| Calefacción | 399 |
| Calefacción solar con bomba de calor | 400 |
| 5) Cálculo de las instalaciones de captación para calefacción solar Enfriamiento | 401 |
| b) Bomba de calor | 402 |
| c) Recuperadores de calor | 403 |
| d) Free - cooling | 414 |
| e) Cogeneración | 418 |
| f) Trigeneración | 419 |
| g) Inverter | 422 |
| h) Almacenamiento térmico | 422 |
| i) Enfriamiento natural | 425 |
| J) Control centralizado | 426 |

CAPITULO XV

ANÁLISIS DE INVERSIONES

| | |
|--|-----|
| XV.1 Introducción | 427 |
| XV.2 Energías Alternativas – Renovables | 427 |
| XV.3 Sistema que usa energía eléctrica o gas natural | 429 |
| XV.4 Retorno de mayores inversiones | 430 |

APENDICE - TABLAS

| | |
|--|-----------|
| TABLA N° 1 Condiciones exteriores de diseño para la República Argentina | 433 |
| TABLA N° 2 Condiciones de proyecto recomendadas para ambiente interior | 434 |
| TABLA N° 3 Infiltración por puertas y ventanas - método de las hendiduras | 435 y 436 |
| TABLA N° 4 Renovaciones de aire por infiltración – Invierno | 437 |
| TABLA N° 5 Aportaciones solares a través de vidrio sencillo | 438 a 449 |
| TABLA N° 5 – 0 Máximas aportaciones solares a través de vidrio sencillo | 450 |
| TABLA N° 5 – 1 Máximas aportaciones solares a través de vidrio sencillo | 451 |
| TABLA N° 6 Factores de corrección de la radiación solar a través del vidrio con y sin pantalla de protección* | 452 |
| TABLA N° 7 Altura y azimut del sol | 453 |
| TABLA N° 8 Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura °K | 454 |
| TABLA N° 9 Diferencia equivalente de temperatura (°K) Muros Soleados o en Sombra* - Ciudad de Buenos Aires | 455 a 457 |
| TABLA N° 9 Diferencia equivalente de temperatura (°K) Techos Soleados o en Sombra* - Ciudad de Buenos Aires | 458 a 460 |
| TABLA N° 9 Diferencia equivalente de temperatura (°K) Muros Soleados o en Sombra* - 40° latitud norte | 461 |
| TABLA N° 9 Diferencia equivalente de temperatura (°K) Techos Soleados o en Sombra* - 40° latitud norte | 462 |
| TABLA N° 10 Caudales de aire exterior | 463 |
| TABLA N° 10 – A Caudal de aire exterior - Renovaciones horarias del volumen del local | 464 |
| TABLA N° 11 Ganancias de calor por ocupantes | 465 |

| | |
|---|-----------|
| TABLA N° 12 Ganancias debida a los motores eléctricos (Funcionamiento continuo) | 466 |
| TABLA N° 13 Ganancias debida a los aparatos de restaurantes (Sin campana de extracción) | 467 |
| TABLA N° 13 Ganancias debida a diversos aparatos | 468 |
| TABLA N° 14 Ganancias de calor debidas a los ventiladores | 469 |
| TABLA N° 15 Valores usuales de los factores de by pass - | 470 |
| TABLA N° 16 Dimensiones de conductos, área de la sección, diámetro equivalente | 471 y 472 |
| Tabla de selección para rejillas de impulsión | 473 |
| Tabla de selección para rejillas de impulsión lineal con bastidor | 474 |
| Tabla de selección para rejillas de retorno aletas inclinadas a 45° | 475 |
| Tabla de selección para rejillas de retorno modelo tipo rejilla | 476 |
| Tabla de selección para difusores circulares | 477 |
| Tabla de selección para difusores cuadrados de 4 Vías - DC4v | 478 |
| Tabla de selección para difusores cuadrados de 2 Vías - DC2v | 479 |
| Tabla de selección para difusores rectangulares de cuatro vías - DR4v | 480 |
| Tabla de selección para difusores rectangulares de dos vías - DR2v | 481 |
| TABLA N° 17 Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción de agua caliente por circulación natural | 482 |
| TABLA N° 18 Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción de agua caliente por circulación Forzada | 483 |
| TABLA N° 19 Diámetros de las cañerías para sistema de calefacción de Vapor a Baja Presión | 484 |
| TABLA N° 20 Tabla de dimensiones de cañerías de condensación | 485 |
| Diagrama Psicométrico | 486 |
| Bibliografía | 487 y 488 |

Hoy no basta lograr el confort o bienestar de las personas que permanecen en un local, se requiere cada vez más que el Proyecto y Ejecución del sistema de acondicionamiento térmico este orientado hacia el ahorro de energía, fundamentalmente las energías no renovables (fósiles).

La optimización o mejora de la eficiencia energética en un sistema de acondicionamiento térmico exige al profesional el conocimiento y análisis en su real dimensión de los parámetros intervinientes como son las características del edificio, cargas térmicas, sistemas de acondicionamiento de aire y costos de la propuesta.

El profesional interviniente debe buscar la reducción de las necesidades, la eficiencia y el uso racional de la energía. El uso racional de la energía le exige que considere el uso de tecnología de punta que utilicen energías renovables.

La actualización de la edición del libro "Acondicionamiento Térmico de Edificios" está dada en incorporar los conceptos expuestos precedentemente. De los cuales surge que "El proyectista del edificio condiciona su futuro energético de por vida" mientras que "El proyectista del sistema de aire acondicionado condiciona tecnológicamente su futuro".

Surge a partir de la necesidad de brindar una herramienta práctica de consulta e información en el área del acondicionamiento térmico del aire, varios años de trabajo junto a profesionales proyectistas, firmas instaladoras y de enseñanza a estudiantes de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de la UBA.

Su desarrollo requirió un intenso trabajo de investigación, que junto con la experiencia acumulada permitieron recoger y volcar sistemáticamente con la mayor amplitud posible, los datos necesarios de cálculo, criterios de selección, descripción de los componentes y dimensionamiento de las distintas instalaciones de acondicionamiento del aire. Desarrollando tanto los fundamentos teóricos como la modalidad de aplicación. Incorporando la búsqueda de la eficiencia y el uso racional de la energía.

El libro pretende reunir, en forma clara y con sencillo análisis, un texto de formación teórica y general, con las de un verdadero manual de cálculo, que sea capaz de suministrar la información práctica que se le requiera. No pretendemos que sea la respuesta a todos los problemas que se plantean en el acondicionamiento del aire. Por ello dejamos abierta la puerta de la creatividad y de la perfectibilidad de las posibles soluciones.

Tratamos con mayor intensidad la tematica correspondiente al Proyecto del Sistema de Acondicionamiento Térmico para Confort, estableciendo pautas básicas a considerar de la arquitectura bioclimática y de las inversiones que implica hacer uso eficiente y racional de la energía requerida para brindar en nuestro caso confort térmico de un edificio.

Si el tiempo nos demuestra que su utilización por lo menos ha permitido simplificar y mejorar la enseñanza en un área tan compleja, habremos cumplido el objetivo principal de nuestra propuesta.

Por último un pensamiento.

"La tierra no es una herencia de nuestros padres, sino un préstamo de nuestros hijos"

Antiguo refrán Indio

ISBN 978-987-584-333-2



9 789875 843332